

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

553 983

(43) 国際公開日  
2004 年 11 月 25 日 (25.11.2004)

PCT

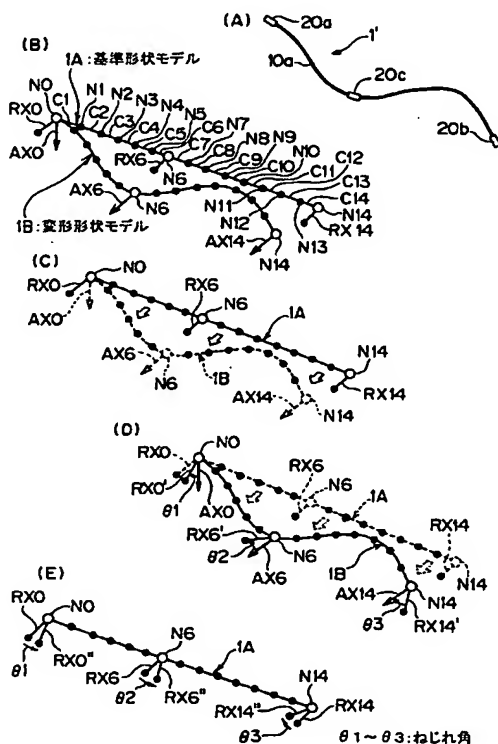
(10) 国際公開番号  
WO 2004/102428 A1

- (51) 国際特許分類: G06F 17/50
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/006892
- (22) 国際出願日: 2004 年 5 月 14 日 (14.05.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-137294 2003 年 5 月 15 日 (15.05.2003) JP  
特願2004-11570 2004 年 1 月 20 日 (20.01.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 矢崎  
総業株式会社 (YAZAKI CORPORATION) [JP/JP]; 〒  
108-8333 東京都港区三田一丁目4番28号 Tokyo  
(JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 澤井 正義  
(SAWAI, Masayoshi) [JP/JP]; 〒431-0431 静岡県湖  
西市鷺津2464-48 矢崎部品株式会社内  
Shizuoka (JP). 中野 亜希子 (NAKANO, Akiko) [JP/JP];  
〒431-0431 静岡県湖西市鷺津2464-48 矢崎  
部品株式会社内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 小栗 昌平, 外 (OGURI, Shohei et al.); 〒107-  
6013 東京都港区赤坂一丁目12番32号 アーク森  
ビル13階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,

[続葉有]

(54) Title: WIRE-LIKE STRUCTURE TORSION ANGLE CALCULATING METHOD, AND DEVICE AND PROGRAM THEREFOR

(54) 発明の名称: ワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法、その装置及びそのプログラム



1A...REFERENCE SHAPE MODEL  
1B...DEFORMED SHAPE MODEL  
θ1~θ3...TORSION ANGLE

(57) Abstract: A problem of the invention is to provide a method capable of accurately calculating a torsion angle in a wire harness, and a device and a program therefor. In the invention, when a reference shape model is deformed and superposed on a deformed shape model while consulting the physical characteristics of a wire harness, the resulting shape is calculated by utilizing a finite-element method. As the superposition proceeds, the reference axis of the reference shape model rotates, and upon completion of superposition, the angle formed between the reference axis, the clamp axis of the deformed shape model and/or an imaginary clamp axis is calculated as the torsion angle.

(57) 要約: 本発明の課題は、正確にワイヤーハーネスにおけるねじれ角を計算することができる方法、その装置及びそのプログラムを提供する。本発明において、ワイヤーハーネスの物理特性を参照しつつ、基準形状モデルを変形させて変形形状モデルに重ね合わせたときの形状が、有限要素法を利用して計算される。そして、重ね合わせにともない基準形状モデルの基準軸も回転していき、重ね合わせ終了時の基準軸と、変形形状モデルのクランプ軸及び/又は仮想クランプ軸とが成す角が、ねじれ角として計算される。



NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

ワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法、その装置及びそのプログラム

## &lt;技術分野&gt;

本発明は、主線材、この主線材から分岐する副線材及び／又はこの主線材に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定形状に変形されるときに発生する線材及び／又はクランプのねじれ角をコンピュータを利用して計算する方法、その装置、及びそのプログラムに関する。

## &lt;背景技術&gt;

近年、車両等においては多種多様の電装品が搭載されるようになっており、それらは、複数の電線や通信線がインシュロック等の結束部材やテープ等の保護部材によって束ねられたワイヤーハーネスとよばれるワイヤー様構造物で接続されている。このようなワイヤーハーネスは、所定の3次元空間に配策されるように設計されて、治具板上で2次元状に展開されて製造される。

図1(A)及び図1(B)はそれぞれ、設計時及び製造時のワイヤーハーネスの形状を示す図である。図1(A)に示すように、ワイヤーハーネスは、一般的に、幹線1aからそれぞれ異なる方向に分岐する複数の枝線1b1～1b4を有していたり、その端部や中間点にクランプ2a～2g等が取り付けられて(クランプの代わりにグロメットや端部にコネクタが取り付けられることもある)、例えば、車両ドアやフロア等の所定の3次元空間に配策されるように設計される。ところが、このように3次元空間を想定して設計されたワイヤーハーネスは、図1(B)に示すように、2次元状の治具板上に展開されて製造されるため、展開時には、異なる方向に分岐する枝線1b1～1b4やクランプ2a～2gが、幹線1aに対してねじれを発生させることになっていた。これについて、図2を用いて説明する。

図2(A)及び図2(B)は、本発明で対象となるワイヤーハーネスにおける

ねじれ角を説明するための図である。図 2 (A) に示すように、3 次元空間を想定して設計されたワイヤーハーネスの幹線 1 a が、ねじれなく直線的にのばされた状態において、例えば、枝線 1 b 1 と枝線 1 b 2 とは、正面からみると、図 2 (B) に示すように、角度  $\theta$  で異なる方向に分岐する。同様に、ここでは図示しない 2 つのクランプ（主に幹線の間中部に取り付けられる）も、図 2 (B) に示すように、角度  $\theta$  で異なる方向に分岐することがある。但し、クランプの場合には、図 2 (A) 及び図 2 (B) に示すように、その角度  $\theta$  は、2 つのクランプによるねじり作用点 p 1、p 2 と幹線 1 a の中心軸とを結ぶ直線 v 1、v 2、すなわち、2 つのクランプ回転軸の成す角度となる。更に、枝線とクランプとが同様に角度  $\theta$  を形成することもあり得る。

ところで、ワイヤーハーネスの製造時には、ワイヤーハーネスを構成する幹線、枝線、クランプとも、基本的に 2 次元平面である治具板上に展開される。そうすると、ワイヤーハーネスの製造時には、例えば、幹線 1 a 及び枝線 1 b 1 を治具板に沿わせてこれを基準とすると、枝線 1 b 2 は上記角度  $\theta$  に相当するぶんだけねじられることになる。このような角度  $\theta$  を本明細書中では上記ねじれ角とよぶ。

なお、一般的に、幹線は枝線よりも太いが、これらは同等の太さであってもよいし、逆であってもよい。また、幹線及び枝線はそれぞれ、別の名称、例えば、主線材及び副線材（分岐線材）等とよんでもよい。また、本明細書中、クランプとは、コネクタやクリップ等を含む、ワイヤーハーネスの支持部材を意味する。

なお、この出願の発明に関連する先行技術文献情報としては次のものがある。

[非特許文献 1]

B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、  
1978 年 8 月 10 日、p. 7-15

#### <発明の開示>

このようなねじれ角を、治具板の設計やワイヤーハーネスの製造に先立ち正確に把握しておくことは、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造に不可欠なものである。ところが、ワイヤーハーネスは複数の電線が束になって



構成されるため、特有の材料的特性や形状的特性、すなわち、特有の物理特性を有しており、このようなワイヤーハーネスにおけるねじれ角を正確に求めることは困難であると考えられていた。したがって、ワイヤーハーネスにおけるねじれ角を正確に求めるための有効な手法は確立されておらず、その実現が待望されている。

よって本発明は、上述した現状に鑑み、容易かつ正確にワイヤーハーネスにおけるねじれ角を計算することができるようにし、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となるねじれ角計算方法、その装置及びそのプログラムを提供することを課題としている。

上記課題を解決するためになされた請求項 1 記載のねじれ角計算方法は、主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ角をコンピュータを利用して計算する方法であって、前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成工程と、前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算工程と、前記重合計算工程の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 2 記載のねじれ角計算方法は、請求項 1 記載のねじれ角計算方法において、前記仮想クランプ軸を算出するために、前記副線材分岐節点を起点とする前記副線材に対する接線ベクトル及び前記主線材に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成する接線平面作成工程と、前記接線平面上で前記副線材分岐節点を起点として前記主線材に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を前記仮想クランプ軸として算出する仮想クランプ軸算出工程と、を更に含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 3 記載のねじれ角計算方法は、請求項 2 記載のねじれ角計算方法において、前記ねじれ角ぶん戻して、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を前記基準形状モデルと共に表示する表示工程、を更に含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 4 記載のねじれ角計算方法は、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のねじれ角計算方法において、前記基準形状は、前記ワイヤー様構造物が治具板上に展開されるとき形状に対応し、前記変形形状は、前記ワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応する、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 5 記載のねじれ角計算方法は、所定の部位に配策されるように設計された、主線材及びこの主線材から分岐する複数の副線材を含んで構成されるワイヤー様構造物を、所定形状に変形させたときの前記副線材のねじれ角を、コンピュータを用いて計算する方法であって、前記ワイヤー様構造物を複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、前記ワイヤー様構造物の有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の物理特性、及び拘束条件を前記有限要素モデルに適用することにより、前記ワイヤー様構造物を、その主線材が所定平面に乗るような基準形状に変形させる変形工程と、前記副線材が前記平面に対して成す角を前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 6 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、前記主線材がねじれなく直線化され

るように前記基準形状に対応する拘束条件を設定する、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 7 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 又は 6 記載のねじれ角計算方法において、前記平面は、前記ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面である、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 8 記載のねじれ角計算方法は、請求項 7 記載のねじれ角計算方法において、前記主線材は前記ワイヤー様構造物を構成する全線材のうちで最大径を有するものとする、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 9 記載のねじれ角計算方法は、請求項 8 記載のねじれ角計算方法において、前記複数の副線材のうちで前記主線材の次に太い線材も前記基準平面に乗るように前記拘束条件を設定する、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 10 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、前記ワイヤー様構造物は前記主線材に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプも含んで構成され、前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 11 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、前記複数の副線材に替えて、前記ワイヤー様構造物は前記主線材に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプを含んで構成され、前記複数の副線材に替えて、前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 12 記載のねじれ角計算装置は、主線材、この主線材から分岐する副線材及び／又はこの主線材に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、ねじれなく真っ直ぐにのばされた基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副線材及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算する装置であって、前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主線材を複数の梁要素の結合体

として表現し、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点にそれぞれ、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸及び／又は前記副線材のねじれ角を求めるための仮想クランプ軸を付加した変形状モデルを作成する変形状モデル作成手段と、前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点に、それぞれ同方向にのびる基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段と、前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 1 3 記載のねじれ角計算プログラムは、主線材、この主線材から分岐する副線材及び／又はこの主線材に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、ねじれなく真っ直ぐにのばされた基準形状からこれとは異なる変形状に変形されるときに発生する前記副線材及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算するために、コンピュータを、前記変形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点にそれぞれ、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸及び／又は前記副線材のねじれ角を求めるための仮想クランプ軸を付加した変形状モデルを作成する変形状モデル作成手段、前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点に、それぞれ同方向にのびる基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段、前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／

又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段、として機能させる、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 1 4 記載のねじれ角計算方法は、主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの前記主線材側からみたねじれ角をコンピュータを用いて計算する方法であって、前記主線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成工程と、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 1 基準軸と前記分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算工程と、前記副線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸を付加した副線材変形状モデルを作成する副線材変形状モデル作成工程と、前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ軸に対応する位置に、前記クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 2 基準軸と前記クランプ軸とが成す角である第 2 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する副線材角度計算工程と、前記第 2 ねじれ角を前記第 1 ねじれ角に基づいて補正して、前記第 1 基準軸と前記クランプ軸とが成す角を求めるねじれ角計算工程と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 1 5 記載のねじれ角計算方法

は、主線材から分岐する副線材から更に分岐する第2副線材の前記主線材側からみたねじれ角をコンピュータを用いて計算する方法であって、前記主線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための第1分岐軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成工程と、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記第1分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第1基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第1基準軸と前記第1分岐軸とが成す角である第1ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算工程と、前記副線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上の第2線材分岐節点に、前記第2副線材のねじれ角を求めるための第2分岐軸を付加した副線材変形状モデルを作成する副線材変形状モデル作成工程と、前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記第2線材分岐節点に対応する位置に、前記第2分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第2基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第2基準軸と前記第2分岐軸とが成す角である第2ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算工程と、前記第2ねじれ角を前記第1ねじれ角に基づいて補正して、前記第1基準軸と前記第2分岐軸とが成す角を求めるねじれ角計算工程と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項16記載のねじれ角計算装置は、主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの前記主線材側からみたねじれ角をコンピュータを用いて計算する装置であって、前記主線材の変形

形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成手段と、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 1 基準軸と前記分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算手段と、前記副線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸を付加した副線材変形状モデルを作成する副線材変形状モデル作成手段と、前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ軸に対応する位置に、前記クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成手段と、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 2 基準軸と前記クランプ軸とが成す角である第 2 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する副線材角度計算手段と、前記第 2 ねじれ角を前記第 1 ねじれ角に基づいて補正して、前記第 1 基準軸と前記クランプ軸とが成す角を求めるねじれ角計算手段と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 17 記載のねじれ角計算プログラムは、主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの前記主線材側からみたねじれ角を計算するために、コンピュータを、前記主線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成手段、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした

形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 1 基準軸と前記分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算手段、前記副線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸を付加した副線材変形形状モデルを作成する副線材変形形状モデル作成手段、前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ軸に対応する位置に、前記クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成手段、前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 2 基準軸と前記クランプ軸とが成す角である第 2 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する副線材角度計算手段、前記第 2 ねじれ角を前記第 1 ねじれ角に基づいて補正して、前記第 1 基準軸と前記クランプ軸とが成す角を求めるねじれ角計算手段、として機能させる、ことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 18 記載のねじれ角計算方法は、主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角をコンピュータを用いて計算して表示する方法であって、前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成工程と、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、前記ねじれゼロ面を求めるための基準軸を付加した主線材基準形状モ



デルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記基準軸をつなぎあわせることにより、前記ねじれゼロ面を設定するねじれゼロ面設定工程と、前記ねじれゼロ面を、前記変形形状及び前記クランプ軸と共に表示する表示工程と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 19 記載のねじれ角計算方法は、請求項 18 記載のねじれ角計算方法において、前記表示工程に替えて、前記ねじれゼロ面を前記変形形状と共に表示する第 2 表示工程、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 20 記載のねじれ角計算方法は、主線材及び前記主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角をコンピュータを用いて計算して表示する方法であって、前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記主線材上のクランプのねじれ角を表現するための第 1 クランプ軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成工程と、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第 1 ねじれゼロ面を求めるための第 1 基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 1 基準軸をつなぎあわせることにより、前記第 1 ねじれゼロ面を設定する第 1 ねじれゼロ面設定工程と、前記副線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記副線材上のクランプのねじれ角を表現するための第 2 クランプ軸を付加した副線材変形形状モデルを作成する副線材変形形状モデル作成工程と、前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第 2 ねじれゼロ面を求めるための第

2 基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成工程と、前記第 1 ねじれゼロ面を構成する前記第 1 基準軸のねじれを前記第 2 基準軸に伝搬させ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 2 基準軸をつなぎあわせることにより、前記第 2 ねじれゼロ面を設定する第 2 ねじれゼロ面設定工程と、前記第 1 ねじれゼロ面及び前記第 2 ねじれゼロ面を、前記変形形状、前記第 1 クランプ軸及び前記第 2 クランプ軸と共に表示する表示工程と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 2 1 記載のねじれ角計算装置は、主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角をコンピュータを用いて計算して表示する装置であって、前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成手段と、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、前記ねじれゼロ面を求めるための基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段と、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記基準軸をつなぎあわせることにより、前記ねじれゼロ面を設定するねじれゼロ面設定手段と、前記ねじれゼロ面を、前記変形形状及び前記クランプ軸と共に表示する表示手段と、を含むことを特徴とする。

また、上記課題を解決するためになされた請求項 2 2 記載のねじれ角計算プログラムは、主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角を計算して表示するために、コンピュータを、前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成手段、前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結

合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、前記ねじれゼロ面を求めるための基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記基準軸をつなぎあわせることにより、前記ねじれゼロ面を設定するねじれゼロ面設定手段、前記ねじれゼロ面を、前記変形形状及び前記クランプ軸と共に表示する表示手段、として機能させる、ことを特徴とする。

請求項 1、請求項 1 2 及び請求項 1 3 記載の発明によれば、所望の変形形状に対応するようにワイヤー様構造物の主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点にそれぞれ、クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸及び／又は副線材のねじれ角を求めるための仮想クランプ軸が付加された変形形状モデルが作成され、ねじれなく真っ直ぐにのばされた基準形状に対応するようにワイヤー様構造物の主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点に、それぞれ所定の基準軸を付加した基準形状モデルが作成される。次に、ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、基準形状モデルを変形させて変形形状モデルに重ね合わせたときの形状が、有限要素法を利用して計算される。そして、重ね合わせにともない基準形状モデルの基準軸も回転していき、重ね合わせ終了時の基準軸と、変形形状モデルのクランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角が、ねじれ角として計算される。このように、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、従来困難とされていた副線材及び／又はクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。

また、請求項 2 記載の発明によれば、副線材分岐節点を起点とする副線材に対する接線ベクトル及び主線材に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成し、接線平面上で副線材分岐節点を起点として主線材に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を仮想クランプ軸として算出し、この仮想クランプ軸を利用して副線材のねじれ角も表すようにしている。このような仮想クランプ軸を計算することにより、副線材もクランプと同等の処理手順でねじれ角を求めることがで

きるようになる。

また、請求項 3 記載の発明によれば、上記計算されたねじれ角ぶん戻して、クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を基準形状モデルに重ねて表示するようにしているので、視覚的且つ直感的にねじれ角が把握できるようになる。

また、請求項 4 記載の発明によれば、基準形状はワイヤー様構造物が治具板上に展開されるとき形状に対応し、変形形状はワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応するので、現実には治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 5 記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、ワイヤー様構造物の有限要素モデルが作成され、ワイヤー様構造物の物理特性、及び拘束条件が有限要素モデルに適用され、所定の部位に配策されるように設計されたワイヤー様構造物が、その主線材が所定平面に乘るような基準形状に変形される。そして、副線材がこの平面に対して成す角がねじれ角として計算される。このように、有限要素モデルを作成して、設計形状を主線材が所定平面に乘るような基準形状に変形し、そのときの副線材がこの平面に対して成す角をねじれ角として求めるようにしているので、従来、正確に把握することが困難であった副線材のねじれ角を、明確に把握することができるようになる。

また、請求項 6 記載の発明によれば、主線材がねじれなく直線化されるように拘束条件が設定される。

また、請求項 7 記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面に、主線材が乗るように拘束条件を設定し、この基準平面に対する副線材の成す角度を求めこれを利用してねじれ角が計算される。

また、請求項 8 記載の発明によれば、主線材はワイヤー様構造物を構成する全線材のうちで最大径を有する電線である主線材が基準平面に乗ることになる。そして、この基準平面に対して、他の線材のねじれ角が計算される。

また、請求項 9 記載の発明によれば、複数の副線材のうちで主線材の次に太い

線材も基準平面に乗るように拘束条件を設定するので、最も太い線材とその次に太い線材とが共に基準平面に乗ることになる。そして、この基準平面に対して、他の線材のねじれ角が計算される。

また、請求項 10 記載の発明によれば、基準形状における、主線材に対する副線材及びクランプのねじれ角が計算される。

また、請求項 11 記載の発明によれば、基準形状における、主線材に対するクランプのねじれ角が計算される。

また、請求項 14、請求項 16 及び請求項 17 記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上の線材分岐節点に、副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、線材分岐節点に対応する位置に、分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸が付加された主線材基準形状モデルが作成される。次に、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 1 基準軸と分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。また、副線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、副線材上のクランプ取付節点に、クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸が付加された副線材変形形状モデルが作成されると共に、副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ軸に対応する位置に、クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸が付加された副線材基準形状モデルが作成される。次に、副線材基準形状モデルを変形させて副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 2 基準軸とクランプ軸とが成す角である第 2 ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。そして、第 2 ねじれ角が第 1 ねじれ角に基づいて補正されて、第 1 基準軸とクランプ軸とが成す角が求められる。

また、請求項 15 記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上の線材分岐節点に、副線材のねじれ角を求めるた

めの第1分岐軸が付加され主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、線材分岐節点に対応する位置に、第1分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第1基準軸が付加された主線材基準形状モデルが作成される。次に、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第1基準軸と第1分岐軸とが成す角である第1ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。また、副線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、副線材上の第2線材分岐節点に、第2副線材のねじれ角を求めるための第2分岐軸が付加された副線材変形形状モデルが作成されると共に、副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、副線材が複数の梁要素の結合体として表現され、第2線材分岐節点に対応する位置に、第2分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第2基準軸が付加された副線材基準形状モデルが作成される。次に、副線材基準形状モデルを変形させて副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第2基準軸と第2分岐軸とが成す角である第2ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。そして、第2ねじれ角が第1ねじれ角に基づいて補正されて、第1基準軸と第2分岐軸とが成す角が求められる。

また、請求項18、請求項19、請求項21及び請求項22記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上のクランプ取付節点に、クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸が付加された主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、ねじれゼロ面を求めるための基準軸が付加した主線材基準形状モデルが作成される。そして、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、基準軸をつなぎあわせることにより、ねじれゼロ面が設定され、このねじれゼロ面が変形形状と共にクランプ軸と共に表示される。

また、請求項 20 記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上のクランプ取付節点に、主線材上のクランプのねじれ角を表現するための第 1 クランプ軸が付加された主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第 1 ねじれゼロ面を求めるための第 1 基準軸が付加された主線材基準形状モデルが作成される。次に、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 1 基準軸をつなぎあわせることにより、第 1 ねじれゼロ面が設定される。

また、副線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、副線材上のクランプ取付節点に、副線材上のクランプのねじれ角を表現するための第 2 クランプ軸が付加され副線材変形形状モデルが作成されると共に、副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、副線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第 2 ねじれゼロ面を求めるための第 2 基準軸が付加された副線材基準形状モデルが作成される。次に、第 1 ねじれゼロ面を構成する第 1 基準軸のねじれが第 2 基準軸に伝搬され、副線材基準形状モデルを変形させて副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 2 基準軸をつなぎあわせることにより、第 2 ねじれゼロ面が設定される。そして、第 1 ねじれゼロ面及び第 2 ねじれゼロ面が、変形形状、第 1 クランプ軸及び第 2 クランプ軸と共に表示される。

請求項 1、請求項 12 及び請求項 13 記載の発明によれば、所望の変形形状に対応するようにワイヤー様構造物の主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、この主線材のクランプ取付節点及び／又は副線材分岐節点にそれぞれ、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸及び／又は副線材のねじれ角を求めるための仮想クランプ軸が付加された変形形状モデルが作成され、ねじれなく真っ直ぐにのばされた基準形状に対応するようにワイヤー様構造物の主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、この主線材のクランプ取付節点及び／又は

副線材分岐節点に、それぞれ同方向にのびるが付加された基準形状モデルが作成される。次に、ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、基準形状モデルを変形させて変形形状モデルに重ね合わせたときの形状が、有限要素法を利用して計算される。そして、重ね合わせにともない基準形状モデルの基準軸も回転していき、重ね合わせ終了時の基準軸と、変形形状モデルのクランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角が、ねじれ角として計算される。このように、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、従来困難とされていた副線材及び／又はクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 2 記載の発明によれば、副線材分岐節点を起点とする副線材に対する接線ベクトル及び主線材に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成し、接線平面上で副線材分岐節点を起点として主線材に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を仮想クランプ軸として算出し、この仮想クランプ軸を利用して副線材のねじれ角も表すようにしている。このような仮想クランプ軸を計算することにより、副線材もクランプと同等の処理手順でねじれ角を求めることができるようになる。したがって、ねじれ角計算のための処理手順が効率化される。

また、請求項 3 記載の発明によれば、上記計算されたねじれ角ぶん戻して、クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を基準形状モデルに重ねて表示するようにしているので、視覚的且つ直感的にねじれ角が把握できるようになり、より適確な治具板の設計やより効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 4 記載の発明によれば、基準形状はワイヤー様構造物が治具板上に展開されるとき形状に対応し、変形形状はワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応するので、現実には則した治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 5 記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、ワイヤー様構造物の有限要素モデルが作成され、ワイヤー様構造物の物理特性、及び拘束条件が有限要素モデルに適用され、所定の部位に配策されるように設計されたワイヤー様構造物が、その主線材が所定平面に



乗るような基準形状に変形される。そして、副線材がこの平面に対して成す角がねじれ角として計算される。このように、有限要素モデルを作成して、設計形状を主線材が所定平面に乗るような基準形状に変形し、そのときの副線材がこの平面に対して成す角をねじれ角として求めるようにしているので、従来、正確に把握することが困難であった副線材のねじれ角を、明確に把握することができるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 6 記載の発明によれば、主線材がねじれなく直線化されるように拘束条件を設定するので、より適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 7 記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面に、主線材が乗るように拘束条件を設定し、この基準平面に対する副線材の成す角度を求めこれを利用してねじれ角が計算されるので、治具板上での製造を前提とした現実にもった治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 8 記載の発明によれば、主線材はワイヤー様構造物を構成する全線材のうちで最大径を有する電線である主線材が基準平面に乗ることになる。したがって、より現実にもった治具板の設計やより効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 9 記載の発明によれば、複数の副線材のうちで主線材の次に太い線材も基準平面に乗るように拘束条件を設定するので、最も太い線材とその次に太い線材とが共に基準平面に乗ることになる。そして、この基準平面に対して、他の線材のねじれ角が計算される。したがって、更に現実にもった治具板の設計や更に効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 10 記載の発明によれば、基準形状における、主線材に対する副線材及びクランプのねじれ角が計算される。したがって、より現実にもった治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 11 記載の発明によれば、基準形状における、主線材に対するク

ランプのねじれ角が計算される。したがって、クランプが多用されるワイヤーハーネスに対する治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、請求項 1 4、請求項 1 6 及び請求項 1 7 記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上の線材分岐節点に、副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、線材分岐節点に対応する位置に、分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸が付加された主線材基準形状モデルが作成される。次に、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 1 基準軸と分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。また、副線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、副線材上のクランプ取付節点に、クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸が付加された副線材変形形状モデルが作成されると共に、副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ軸に対応する位置に、クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸が付加された副線材基準形状モデルが作成される。次に、副線材基準形状モデルを変形させて副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 2 基準軸とクランプ軸とが成す角である第 2 ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。そして、第 2 ねじれ角が第 1 ねじれ角に基づいて補正されて、第 1 基準軸とクランプ軸とが成す角が求められる。したがって、主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの主線材側からみたねじれ角が正確に計算できるようになる。

また、請求項 1 5 記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上の線材分岐節点に、副線材のねじれ角を求めるための第 1 分岐軸が付加され主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、線材分岐節点に対応する位置に、

第1分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第1基準軸が付加された主線材基準形状モデルが作成される。次に、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第1基準軸と第1分岐軸とが成す角である第1ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。また、副線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、副線材上の第2線材分岐節点に、第2副線材のねじれ角を求めるための第2分岐軸が付加された副線材変形形状モデルが作成されると共に、副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、副線材が複数の梁要素の結合体として表現され、第2線材分岐節点に対応する位置に、第2分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第2基準軸が付加された副線材基準形状モデルが作成される。次に、副線材基準形状モデルを変形させて副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第2基準軸と第2分岐軸とが成す角である第2ねじれ角が、有限要素法を利用して計算される。そして、第2ねじれ角が第1ねじれ角に基づいて補正されて、第1基準軸と第2分岐軸とが成す角が求められる。したがって、主線材から分岐する副線材から更に分岐する第2副線材の主線材側からみたねじれ角が正確に計算できるようになる。

また、請求項18、請求項19、請求項21及び請求項22記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上のクランプ取付節点に、クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸が付加された主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、ねじれゼロ面を求めるための基準軸が付加した主線材基準形状モデルが作成される。そして、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、基準軸をつなぎあわせることにより、ねじれゼロ面が設定され、このねじれゼロ面が変形形状と共にクランプ軸と共に表示される。したがって、主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角が容易に把握できるようになる。

また、請求項 20 記載の発明によれば、主線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、主線材上のクランプ取付節点に、主線材上のクランプのねじれ角を表現するための第 1 クランプ軸が付加された主線材変形形状モデルが作成されると共に、主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、主線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第 1 ねじれゼロ面を求めるための第 1 基準軸が付加された主線材基準形状モデルが作成される。次に、主線材基準形状モデルを変形させて主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 1 基準軸をつなぎあわせることにより、第 1 ねじれゼロ面が設定される。また、副線材の変形形状が複数の梁要素の結合体として表現され、副線材上のクランプ取付節点に、副線材上のクランプのねじれ角を表現するための第 2 クランプ軸が付加され副線材変形形状モデルが作成されると共に、副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、副線材が複数の梁要素の結合体として表現され、クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第 2 ねじれゼロ面を求めるための第 2 基準軸が付加された副線材基準形状モデルが作成される。次に、第 1 ねじれゼロ面を構成する第 1 基準軸のねじれが第 2 基準軸に伝搬され、副線材基準形状モデルを変形させて副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、第 2 基準軸をつなぎあわせることにより、第 2 ねじれゼロ面が設定される。そして、第 1 ねじれゼロ面及び第 2 ねじれゼロ面が、変形形状、第 1 クランプ軸及び第 2 クランプ軸と共に表示される。したがって、主線材及び主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角が容易に把握できるようになる。

#### <図面の簡単な説明>

図 1 (A) 及び図 1 (B) はそれぞれ、設計時及び製造時のワイヤーハーネスの形状を示す図である。

図 2 (A) 及び図 2 (B) は、ワイヤーハーネスにおけるねじれ角を説明するための図である。

図 3 は、ワイヤーハーネスに取り付けられる代表的なクランプと拘束自由度との関係を示す図である。

図 4 (A) は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図 4 (B) は、図 4 (A) のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図 4 (C) は、図 4 (A) のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。

図 5 は、梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

図 6 (A) は、ワイヤーハーネスを 3 つの梁要素で表した図であり、図 6 (B) は、図 6 (A) の 3 つの梁要素を結合した状態を示す図である。

図 7 (A) は、3 つの梁要素と枝線に対応する梁要素とからなるワイヤーハーネスの一部を示す図であり、図 7 (B) は、図 7 (A) を 4 つの梁要素で表した後にそれらを結合した状態を示す図である。

図 8 (A) は、断面 2 次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図 8 (B) は、断面 2 次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。

図 9 は、本発明に係るハードウェア構成の一例を示すブロック構成図である。

図 10 は、本発明の第 1 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

図 11 (A) ～図 11 (C) はそれぞれ、図 10 の処理手順におけるサブルーチンを示すフローチャートである。

図 12 (A) ～図 12 (E) はそれぞれ、図 10 の処理の過程における状態を例示する図である。

図 13 は、図 11 (C) の処理を説明するための図である。

図 14 は、本発明の第 2 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

図 15 (A) ～図 15 (D) はそれぞれ、図 14 の処理の過程における状態を例示する図である。

図 16 は、本発明の第 3 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

図 17 は、図 16 の処理の過程における状態を例示する図である。

図 18 は、図 16 の処理の過程における状態を例示する図である。

図 1 9 は、図 1 6 の処理の過程における状態を例示する図である。

図 2 0 は、本発明の第 4 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

図 2 1 は、図 2 0 の処理の結果を例示する図である。

図 2 2 (A) ～図 2 2 (C) は、ねじれゼロ面の伝搬処理を説明するための図である。

なお、図中の符号は以下のとおりである。

1、1 0 0   ワイヤーハーネス（ワイヤー様構造物）

1 a、1 0 0 a   幹線

1 b 1 ～ 1 b 4、1 0 0 b 1 ～ 1 0 0 b 3   枝線

2 a ～ 2 g、2 0 0 a ～ 2 0 0 g   クランプ

3 a ～ 3 d   分岐点

5   接線平面

6   基準平面

4 1   マイクロコンピュータ

4 2   入力装置

4 3   表示装置

4 4   印字装置

4 5   記憶装置

4 6   読込装置

4 7   通信インターフェース

4 8   記録媒体

4 8 a   ねじれ角計算プログラム

4 9   内部バス

C 0 ～ C 7   梁要素

N 0 ～ N 7   節点

<発明を実施するための最良の形態>

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図 1～図 3 を用いて、本発明で対象となるワイヤーハーネスの全体形状及び代表的なクランプについて説明する。図 1 及び図 2 は上述の通りであり、図 3 はワイヤーハーネスに取り付けられる代表的なクランプと拘束自由度との関係を示す図である。なお、本明細書中のワイヤーハーネスは車両用に限定されるものでないが、本発明の要旨を理解するために、車両に配策されるワイヤーハーネスを例示しながら説明する。

図 1 及び図 2 に示すように、対象となるワイヤーハーネスは、上述のように、幹線 1 a の分岐点 3 a～3 d からそれぞれ異なる方向に分岐する複数の枝線 1 b 1～1 b 4 を有している。また、その端部や中間点にクランプ 2 a～2 g が取り付けられている。幹線 1 a 及び枝線 1 b 1～1 b 4 は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も異なる。なお、この実施形態中のワイヤーハーネス、幹線及び枝線はそれぞれ、請求項中のワイヤー様構造物、主線材及び副線材に対応する。

クランプ 2 a～2 f は、電装品側の相手方クランプの固定位置及びその装着方向に応じて所定の位置に着脱可能に固定され、ワイヤーハーネスの端部を完全拘束する。この端部を完全拘束するクランプをコネクタとよぶこともある（図 3 参照）。また、クランプ 2 g は、通常、ワイヤーハーネスの中間部に取り付けられ、ワイヤーハーネスをボディやステー等の所定位置に完全拘束又は回転拘束する。ここでは、クランプは 1 個のみ示すが、通常、複数のクランプがワイヤーハーネスに取り付けられる。なお、ワイヤーハーネスを拘束する部材には、他にプロテクタやグロメット等も挙げられる。

ここで、クランプについて説明を加える。クランプには、基本的に、長穴クランプ及び丸穴クランプがある。丸穴クランプは、回転クランプともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた丸穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。丸穴クランプは、Z 軸（取付部位に鉛直方向）廻りに回転可能である。

一方、長穴クランプは、固定クランプともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた長穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構

成される。この支持脚の断面形状は、取付穴と略同様の長穴形状をしている。長穴クランプは、Z軸廻りに回転不可能である。

更に、長穴クランプ及び丸穴クランプには、X軸（ワイヤーハーネスの長手方向）廻りに回転可能な、コルゲート長穴クランプ及びコルゲート丸穴クランプがある。このような各クランプの各軸方向及び各軸廻りの拘束自由度は図3に示す通りである。

図3において、X軸、Y軸及びZ軸は、ワイヤーハーネス上の各節点（又はノードともよぶ）における右手ローカル座標系での直行する3軸に相当する。例えば、Z軸をクランプ軸と一致するようにしているが、これらの決定方法は、使用する関数によって適宜変更可能である。なお、図中、参考のために、分岐点の拘束自由度についても示している。また、ここでは図示しないが、上記拘束点以外に任意に設定されたワイヤーハーネス上の節点は、基本的に、完全自由である。このような拘束自由度が、後述するように、予測経路や反力等の計算に先立ち、各節点にそれぞれ、設定される。

次に、図4及び図5を参照しながら、本発明において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式の概略について説明する。図4（A）は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図4（B）は、図4（A）のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図4（C）は、図4（A）のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。図5は、梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

まず、本発明では、上記ねじれ角を求めるために、まず、有限要素法を利用して基準形状を計算するが、この有限要素法を利用するに際し、以下のような仮定をする。

- （1）. ワイヤーハーネスを弾性体と仮定する。
- （2）. ワイヤーハーネスを梁要素が結合されたものと仮定する。
- （3）. 各梁要素に直線性が保たれるものと仮定する。
- （4）. ワイヤーハーネスを一様断面であると仮定する（円形断面と仮定しているが必ずしもその必要はない）。



本発明において、このような仮定をすることにより、従来なされていなかった、ワイヤーハーネスへの有限要素法の適用が可能になる。

本実施形態においては、まず、ワイヤーハーネスを離散化する。すなわち、図 4 (A) に示すように、複数の電線 1 1 がテープ 1 2 等の保護部材によって束ねられたワイヤーハーネス 1 は連続体とみなすことができる。次に、図 4 (B) に示すように、このようなワイヤーハーネス 1 を、いくつかの梁要素 C 1、C 2、C 3、…に分割（離散化）する。すなわち、ワイヤーハーネスは 1 本のロープのようなものなので、有限個の梁要素をつなげたものとみなすことができる。

したがって、図 4 (C) に示すように、ワイヤーハーネスは、複数の梁要素 C 1、C 2、C 3、…を複数のノード N 1、N 2、N 3、…で結合したものとして表すことができる。梁要素に必要な特性値は以下の通りである。

長さ  $l$  (図 4 (B) 参照)

断面積  $A$  (図 4 (B) 参照)

断面 2 次モーメント  $I$

断面 2 次極モーメント  $J$  (ねじり抵抗係数ともよばれている)

縦弾性係数  $E$

横弾性係数  $G$

なお、上記特性値に直接表れされていないが、それらを求めるために密度  $\rho$  やポアソン比  $\mu$  等も用いられる。

なお、本明細書中、上記長さ  $l$ 、断面積  $A$ 、断面 2 次モーメント  $I$ 、断面 2 次極モーメント  $J$ 、縦弾性係数  $E$  及び横弾性係数  $G$ 、密度  $\rho$ 、ポアソン比  $\mu$  等を物理特性とよぶ。

そして、図 5 に示すように、各梁要素  $C$  ( $C 1$ 、 $C 2$ 、 $C 3$ 、…) はそれぞれ、2 つの節点  $\alpha$  及び節点  $\beta$  を有する。3 次元空間においては、節点  $\alpha$  は、3 つの並進成分と 3 つの回転成分を持ため、合計 6 つの自由度を持つ。また、節点  $\beta$  も同様である。したがって、梁要素  $C$  は 12 自由度を持つことになる。

なお、図中、

$F_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の節点力

$F_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の節点力

$F_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の節点力

$M_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸周りの端モーメント (右ネジ方向を正とする)

$M_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸周りの端モーメント (右ネジ方向を正とする)

$M_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸周りの端モーメント (右ネジ方向を正とする)

$U_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の変位

$U_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の変位

$U_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の変位

$\theta_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸周りの角変位 (右ネジ方向を正とする)

$\theta_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸周りの角変位 (右ネジ方向を正とする)

$\theta_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸周りの角変位 (右ネジ方向を正とする)

$\alpha$  は左側の節点、 $\beta$  は右側の節点

を示す。

ところで、ワイヤーハーネス等のような大変形をともしう構造力学では一般に有限要素法の平衡方程式は次式の形となる。

$$([K] + [K_g]) \{x\} = \{F\} \cdots (1)$$

ここで、 $[K]$ : 全体剛性マトリックス、 $[K_g]$ : 全体幾何剛性マトリックス、 $\{x\}$ : 変位ベクトル、 $\{F\}$ : 荷重ベクトル (力ベクトルともよぶ)

但し、式 (1) は代数的には非線形連立方程式となっているため、実際の数値解析においてはそのまま解くことはできない。そのため、荷重値を細分化して逐次加算していく増分方法を採用することになる (強制変位の場合も同様)。よって、式 (1) の平衡方程式も下記の増分形式で表現することになる。

$$([K] + [K_g]) \{\Delta x\} = \{\Delta F\} - \{R\} \cdots (1)'$$

ここで、 $\{\Delta F\}$ : 荷重増分の値、 $\{\Delta x\}$ : 増分ステップにおける増分変位、 $\{R\}$ : 荷重ベクトルの補正ベクトル

そして、各増分区間では平衡方程式は線形方程式とみなして計算し、その際、生じる不平衡力 (式 (1)' 中のベクトル  $\{R\}$ ) を次ステップに進む前に反復法により許容範囲まで減少させることになる。これら一連のアルゴリズムとしては、

例えば、ニュートン・ラブソン法や弧長法といった公知の方法を利用する。

なお、形状予測のように強制変位を指定する場合には、平衡方程式左辺のうち、第2項の全体幾何剛性マトリックス $[K_G]$ を省く場合が良性となることも多く、本ケースでも省いている。

また、左辺第1項の全体剛性マトリックス $[K]$ は各増分ステップで時々刻々と座標値を変更させながら書き替えられる各要素の剛性マトリックスを全体座標系に変換して集計されたものである。この基本となる要素剛性マトリックスの具体的な表現内容が下記の式(2)である。

[数 1]

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c} K_i(1, 1) \\ \left\{ \begin{array}{c} \frac{AE}{l} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right. \\ \left[ \begin{array}{cccccc} \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{4EI_y}{l} & 0 \\ 0 & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{l} \end{array} \right] \end{array} \\
 \begin{array}{c} K_i(1, 2) \\ \left\{ \begin{array}{c} -\frac{AE}{l} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right. \\ \left[ \begin{array}{cccccc} -\frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{l^3} & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{2EI_y}{l} & 0 \\ 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{l} \end{array} \right] \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{c} K_i(2, 1) \\ \left\{ \begin{array}{c} \frac{AE}{l} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right. \\ \left[ \begin{array}{cccccc} \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{2EI_y}{l} & 0 \\ 0 & \frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{l} \end{array} \right] \end{array} \\
 \begin{array}{c} K_i(2, 2) \\ \left\{ \begin{array}{c} \frac{AE}{l} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right. \\ \left[ \begin{array}{cccccc} \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} \\ 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{6EI_y}{l^2} & 0 & \frac{4EI_y}{l} & 0 \\ 0 & -\frac{6EI_z}{l^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{l} \end{array} \right] \end{array} \\
 \end{array} = \begin{array}{c} \begin{array}{c} \dots(2) \\ \left[ \begin{array}{cccccc} U_{xi\alpha} \\ U_{yi\alpha} \\ U_{zi\alpha} \\ \theta_{xi\alpha} \\ \theta_{yi\alpha} \\ \theta_{zi\alpha} \end{array} \right] \\ \left[ \begin{array}{cccccc} F_{xi\alpha} \\ F_{yi\alpha} \\ F_{zi\alpha} \\ M_{xi\alpha} \\ M_{yi\alpha} \\ M_{zi\alpha} \end{array} \right] \end{array} \\ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{cccccc} U_{xi\beta} \\ U_{yi\beta} \\ U_{zi\beta} \\ \theta_{xi\beta} \\ \theta_{yi\beta} \\ \theta_{zi\beta} \end{array} \right] \\ \left[ \begin{array}{cccccc} F_{xi\beta} \\ F_{yi\beta} \\ F_{zi\beta} \\ M_{xi\beta} \\ M_{yi\beta} \\ M_{zi\beta} \end{array} \right] \end{array}
 \end{array}$$

なお、式 (2) において、1 2 行 1 2 列のマトリクスを、4 つの 6 行 6 列のマトリクスに分割し、それぞれを  $K_i (1, 1)$ 、 $K_i (1, 2)$ 、 $K_i (2, 1)$  及び  $K_i (2, 2)$  とする。そして、以降の説明では、簡単のために、これら 6 行 6 列のマトリクスを利用して説明する。

ここで、適合条件と釣り合い条件について図 6 を用いて説明する。図 6 (A) は、ワイヤーハーネスを 3 つの梁要素で表した図であり、図 6 (B) は、図 6 (A) の 3 つの梁要素を結合した状態を示す図である。

ここでは、まず簡単のために、図 6 (A) で示すように、ワイヤーハーネスにおいて枝線の存在しない 3 つの梁要素 C 1、C 2、C 3 からなる部位について考える。すなわち、この部位は、3 つの梁要素 C 1、C 2、C 3 で表されるものとする。この場合、梁要素 C 1 の節点 1  $\beta$  及び梁要素 C 2 の節点 2  $\alpha$  の変位は等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。同様に、梁要素 C 2 の節点 2  $\beta$  及び梁要素 C 3 の節点 3  $\alpha$  の変位も等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。したがって、これら変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素 C 1 及び C 2、梁要素 C 2 及び C 3 を、図 6 (B) に示すように、結合することができる。

なお、図中、

$F_{xi}$  : i 番要素の x i 軸方向の節点力

$F_{yi}$  : i 番要素の y i 軸方向の節点力

$F_{zi}$  : i 番要素の z i 軸方向の節点力

$M_{xi}$  : i 番要素の x i 軸周りの端モーメント

$M_{yi}$  : i 番要素の y i 軸周りの端モーメント

$M_{zi}$  : i 番要素の z i 軸周りの端モーメント

$U_{xi}$  : i 番要素の x i 軸方向の変位

$U_{yi}$  : i 番要素の y i 軸方向の変位

$U_{zi}$  : i 番要素の z i 軸方向の変位

$\theta_{xi}$  : i 番要素の x i 軸周りの角変位

$\theta_{yi}$  : i 番要素の y i 軸周りの角変位

$\theta_{zi}$ :  $i$  番要素の  $z_i$  軸周りの角変位

を示し、

$i = 1\alpha, 1\beta, 2\alpha, 2\beta, 3\alpha, 3\beta$  である。

例えば、上記梁要素 C 1 は、上記式 (2) と同様の形式で示すと、以下の式 (3) のように表される。

[数 2]

$$\left[ \begin{array}{c|c} K_1(1, 1) & K_1(1, 2) \\ \hline K_1(2, 1) & K_1(2, 2) \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} U_{x1\alpha} \\ U_{y1\alpha} \\ U_{z1\alpha} \\ \theta_{x1\alpha} \\ \theta_{y1\alpha} \\ \theta_{z1\alpha} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} F_{x1\alpha} \\ F_{y1\alpha} \\ F_{z1\alpha} \\ M_{x1\alpha} \\ M_{y1\alpha} \\ M_{z1\alpha} \end{array} \right\} \dots (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{c} U_{x1\beta} \\ U_{y1\beta} \\ U_{z1\beta} \\ \theta_{x1\beta} \\ \theta_{y1\beta} \\ \theta_{z1\beta} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{c} F_{x1\beta} \\ F_{y1\beta} \\ F_{z1\beta} \\ M_{x1\beta} \\ M_{y1\beta} \\ M_{z1\beta} \end{array} \right\}$$

梁要素 C 2、C 3 も式 (3) と同様に表し、これら梁要素 C 1、C 2、C 3 を図 6 (B) に示すように結合し、梁要素 C 1、C 2、C 3 における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式 (3) と同様の形式で示すと、以下の式 (4) のようになる。



[数 3]

$$\left[ \begin{array}{ccc} K_1(1, 1) & K_1(1, 2) & \\ K_1(2, 1) & K_1(2, 2) & \\ K_2(1, 1) & K_2(1, 2) & \\ K_2(2, 1) & K_2(2, 2) & \\ K_3(1, 1) & K_3(1, 2) & \\ K_3(2, 1) & K_3(2, 2) & \end{array} \right] \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \begin{array}{l} \{x\} \\ \{x\} \\ \{x\} \\ \{x\} \\ \{x\} \\ \{x\} \end{array} = \begin{array}{l} \{F\} \\ \{F\} \\ \{F\} \\ \{F\} \\ \{F\} \\ \{F\} \end{array} \quad \dots(4)$$

$M_{12}$        $M_{23}$

ここで、式（４）中の６行６列のマトリクス $K_1(1, 1)$ 、 $K_1(1, 2)$ 、 $K_1(2, 1)$ 及び $K_1(2, 2)$ は上記式（３）で示した通り梁要素Ｃ１に対応するものであり、同様に、 $K_2(1, 1)$ 、 $K_2(1, 2)$ 、 $K_2(2, 1)$ 及び $K_2(2, 2)$ は梁要素Ｃ２に対応し、 $K_3(1, 1)$ 、 $K_3(1, 2)$ 、 $K_3(2, 1)$ 及び $K_3(2, 2)$ は梁要素Ｃ３に対応するものである。但し、 $M_{12}$ で示す $K_1(2, 2)$ と $K_2(1, 1)$ とが重なっている部分、並びに、 $M_{23}$ で示す $K_2(2, 2)$ と $K_3(1, 1)$ とが重なっている部分は、それらの各構成要素が足し合わされたものとなる。

なお、４つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにして、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの有限要素モデルを作成することができる。

ちなみに、上記式（４）を簡単に表すと、

$$[K] \{x\} = \{F\}$$

となる。

このような考え方を、幹線から分岐する枝線や幹線に取り付けられたクランプを有するワイヤーハーネスにも応用した例を以下に図７を用いて説明する。図７（Ａ）は、３つの梁要素と枝線に対応する梁要素とからなるワイヤーハーネスの一部位を示す図であり、図７（Ｂ）は、図７（Ａ）を４つの梁要素で表した後にそれらを結合した状態を示す図である。

簡単のために、図７（Ａ）で示すように、ワイヤーハーネスにおいて梁要素Ｃ４で表される枝線が節点Ｎ１から分岐する、３つの梁要素Ｃ１、Ｃ２、Ｃ３で表される部位について考える。ここでも、各節点における変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素Ｃ１～Ｃ３を、図７（Ｂ）に示すように、結合することができる。図７（Ｂ）における、３つの梁要素Ｃ１、Ｃ２、Ｃ３で表される部位は、図６（Ｂ）で示した通りであるのでその繰り返し説明は省略する。これに加えて、節点Ｎ１から図７（Ｂ）に示すように梁要素Ｃ４が分岐することになる。梁要素Ｃ４は、後述するクランプ軸や仮想クランプ軸に対応するものである。

なお、図中、

$F_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の力

$F_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の力

$F_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の力

$M_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸周りのモーメント

$M_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸周りのモーメント

$M_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸周りのモーメント

$U_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の変位

$U_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の変位

$U_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の変位

$\theta_{xi}$  :  $i$  番要素の  $x$   $i$  軸方向の角変位

$\theta_{yi}$  :  $i$  番要素の  $y$   $i$  軸方向の角変位

$\theta_{zi}$  :  $i$  番要素の  $z$   $i$  軸方向の角変位

を示し、

$i = 1\alpha、1\beta、2\alpha、2\beta、3\alpha、3\beta、4\alpha、4\beta$  である。

梁要素 C 4 は、以下の式 (5) のように表される。

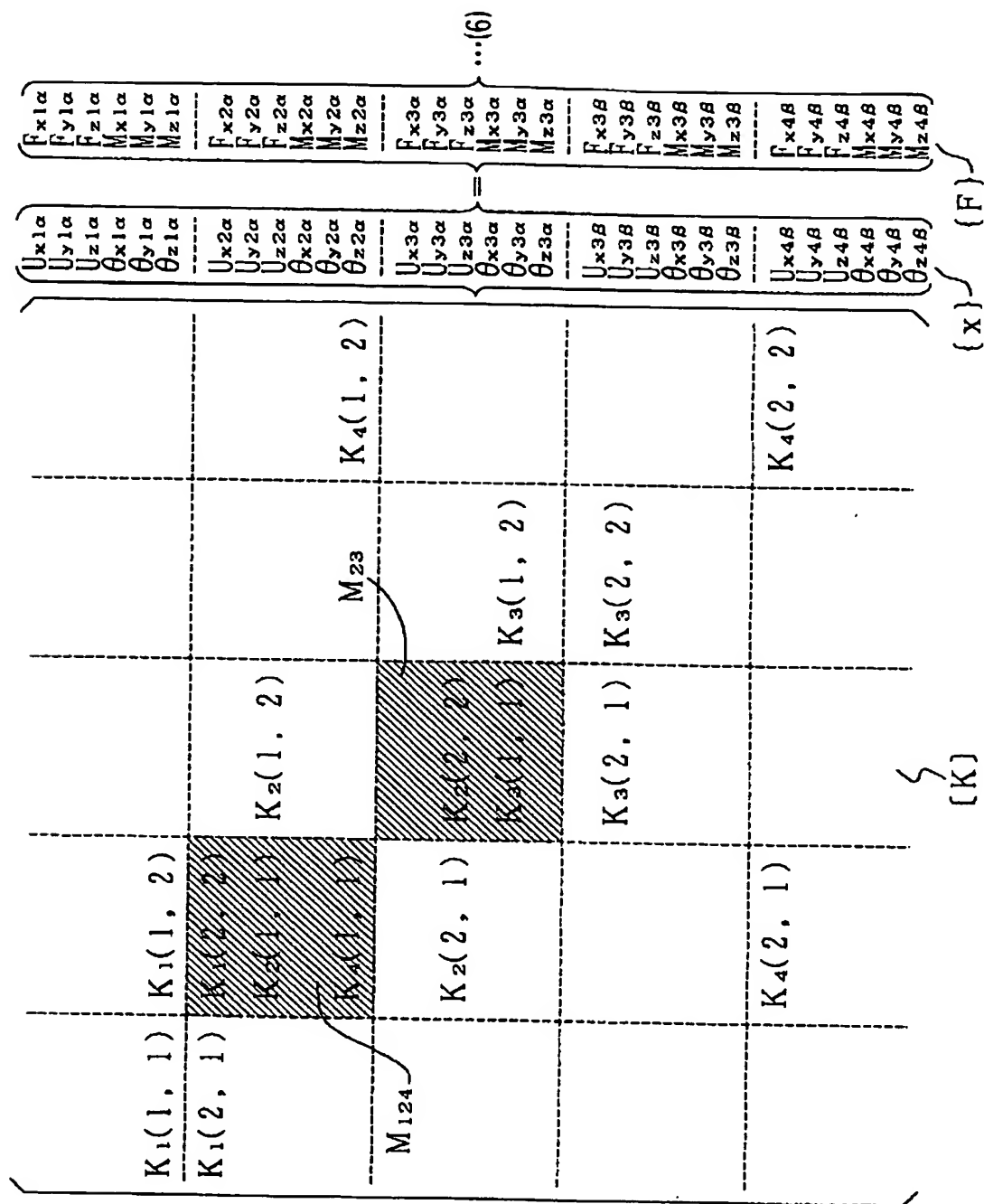
[数 4]

$$\begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{c} K_4(1, 1) \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{c} U_{x4\alpha} \\ U_{y4\alpha} \\ U_{z4\alpha} \\ \theta_{x4\alpha} \\ \theta_{y4\alpha} \\ \theta_{z4\alpha} \\ \hline \end{array} \\
 \left. \begin{array}{c} K_4(1, 2) \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{c} F_{x4\alpha} \\ F_{y4\alpha} \\ F_{z4\alpha} \\ M_{x4\alpha} \\ M_{y4\alpha} \\ M_{z4\alpha} \\ \hline \end{array} \\
 \hline
 \dots(5) \\
 \hline
 \left. \begin{array}{c} K_4(2, 1) \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{c} U_{x4\beta} \\ U_{y4\beta} \\ U_{z4\beta} \\ \theta_{x4\beta} \\ \theta_{y4\beta} \\ \theta_{z4\beta} \\ \hline \end{array} \\
 \left. \begin{array}{c} K_4(2, 2) \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{c} F_{x4\beta} \\ F_{y4\beta} \\ F_{z4\beta} \\ M_{x4\beta} \\ M_{y4\beta} \\ M_{z4\beta} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

ここで、6行6列のマトリクス $K_4(1, 1)$ 、 $K_4(1, 2)$ 、 $K_4(2, 1)$ 及び $K_4(2, 2)$ は上記 $K_1(1, 1)$ 、 $K_1(1, 2)$ 、 $K_1(2, 1)$ 及び $K_1(2, 2)$ と同様である。

そして、梁要素C 1～C 4を図7 (B)に示すように連結し、梁要素C 1、C 2、C 3、C 4における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式(4)と同様の形式で示すと、以下の式(6)のようになる。

[数 5]



ここで、式(6)中の6行6列のマトリクス $K_1(1, 1)$ 、 $K_1(1, 2)$ 、 $K_1(2, 1)$ 及び $K_1(2, 2)$ は梁要素C1に対応し、 $K_2(1, 1)$ 、 $K_2(1, 2)$ 、 $K_2(2, 1)$ 及び $K_2(2, 2)$ は梁要素C2に対応し、 $K_3(1, 1)$ 、 $K_3(1, 2)$ 、 $K_3(2, 1)$ 及び $K_3(2, 2)$ は梁要素C3に対応し、 $K_4(1, 1)$ 、 $K_4(1, 2)$ 、 $K_4(2, 1)$ 及び $K_4(2, 2)$ は梁要素C4に対応するものである。但し、M124で示す $K_1(2, 2)$ と $K_2(1, 1)$ と $K_4(1, 1)$ とが重なっている部分、M23で示す $K_2(2, 2)$ と $K_3(1, 1)$ とが重なっている部分は、それらの各構成要素が足し合わされたものとなる。

このようにして、幹線から分岐する枝線や幹線に取り付けられたクランプを有するワイヤーハーネスに対しても、有限要素モデルを作成することができる。なお、4つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにして、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの有限要素モデルを作成することができる。

したがって、上記(4)や式(6)に基づき、未知数である変位ベクトル $\{x\}$ を求めることにより、目的とする基準形状を計算することができる。

なお、上記のような一般的なマトリクス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1中でも紹介されている。

次に、本発明における、上記梁要素に必要な各特性値の求め方の一例について以下に示す。図8(A)は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図8(B)は、断面2次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。

まず、長さ $l$ 、断面積 $A$ 及び密度 $\rho$ は、対象となるワイヤーハーネスを作成し、ノギス、メジャー、重量計等を用いて計測した後、簡単な計算により求めることができる。

また、縦弾性係数 $E$ は、図8(A)に示す測定方法を行う場合、次式(7)で表すことができる。

$$E = FL^3 / 3XI \cdots (7)$$

また、断面2次モーメント $I$ は、上記のようにワイヤーハーネスを円形断面と仮

定したので、次式（８）で表すことができる。

$$I = \pi D^4 / 64 \cdots (8)$$

したがって、

$$E = 64 F L^3 / 3 \pi D^4 \cdots (9)$$

となる。

この測定では、

$$E = (F / X) \times (64 L^3 / 3 \pi D^4)$$

としてFとxとの関係を測定することにより、縦弾性係数Eを求めることができる。

一方、横弾性係数Gは、図８（B）に示す測定方法を行う場合、次式（１０）で表すことができる。

$$G = (T L / \theta J) \times 2 \cdots (10)$$

断面２次極モーメントJは、ワイヤーハーネスが円形断面と仮定したので、次式（１１）で表すことができる。

$$J = \pi D^4 / 32 \cdots (11)$$

また、ねじる力は、

$$T = F S \cdots (12)$$

となる。

よって、

$$G = (32 F S L / \theta \pi D^4) \times 2 = (F / \theta) (32 S L / \pi D^4) \times 2 \cdots (13)$$

したがって、Fとθの関係を測定することにより、横弾性係数Gを求めることができる。

上記測定方法は一例であり、上記測定例以外の方法によって各値を取得してもよい。また、予め代表的なワイヤーハーネスを測定しておきデータベース化しておき、これを適宜利用するようにしてもよい。

次に、上記理論及び基本式を利用して後述するねじれ角の計算を行うための、本発明に係るハードウェア構成について説明する。図９は、本発明に係るハード



ウェア構成を示すブロック構成図である。

図 9 に示すように、本発明では、マイクロコンピュータ 41、入力装置 42、表示装置 43、印字装置 44、記憶装置 45、読込装置 46、及び通信インターフェース 47 を含んで基本構成される、周知のパーソナルコンピュータが利用可能である。マイクロコンピュータ 41 は、CPU 41a (中央演算装置)、ブートプログラム等を記憶する ROM 41b、各種処理結果を一時的に記憶する RAM 41c を含む。入力装置 42 は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置 43 は処理結果を表示する CRT 等であり、印字装置 44 は処理結果を印字するプリンタである。また、記憶装置 45 はアプリケーションプログラムや処理結果を記憶するハードディスクドライブである。読込装置 46 は、CD や DVD 等の記録媒体 48 に格納される、図 10、図 11、図 14、図 16 及び図 20 に処理手順を示すねじれ角計算プログラム 48a を読み込むための装置である。通信インターフェース 47 は外部装置と、例えば、LAN 回線を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。これらの各構成要素は、内部バス 49 を介して接続されている。

マイクロコンピュータ 41 は、読込装置 46 にて読み込まれたねじれ角計算プログラム 48a を記憶装置 45 に転送、すなわち、インストールする。また、電源投入後、マイクロコンピュータ 41 は、ROM 41b に記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、インストールされているねじれ角計算プログラム 48a を立ちあげる。そして、マイクロコンピュータ 41 は、ねじれ角計算プログラム 48a にしたがって、ワイヤーハーネスにおけるねじれ角を求めたり、表示装置 43 や印字装置 44 から出力させたり、その結果を記憶装置 45 に保存したりする。ねじれ角計算プログラム 48a は、上記構成を有する他のパーソナルコンピュータ等にもインストール可能であり、インストール後は、そのコンピュータをねじれ角計算装置として機能させる。

なお、記録媒体 48 に格納されるねじれ角計算プログラム 48a は請求項 13、請求項 17、及び請求項 22 に対応し、これらのねじれ角計算プログラム 48a がインストールされたパーソナルコンピュータ等の処理装置は請求項 12、請求

項 1 6、及び請求項 2 1 に対応する。ねじれ角計算プログラム 4 8 a は、記録媒体 4 8 のみならず、インターネットや LAN 等の通信回線を経由して提供されたものであってもよい。

更に、図 1 0～図 2 3 を用いて、本発明の各実施形態に係る処理手順について説明する。特に、図 1 0～図 1 3 は本発明の第 1 実施形態に係り、図 1 4 及び図 1 5 は本発明の第 2 実施形態に係る図である。また、図 1 6～図 1 9 は本発明の第 3 実施形態に係り、図 2 0～図 2 3 は本発明の第 4 実施形態に係る図である。

### 〔第 1 実施形態〕

図 1 0 は本発明の第 1 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートであり、図 1 1 (A)～図 1 1 (C) はそれぞれ、図 1 0 の処理手順におけるサブルーチンを示すフローチャートである。図 1 2 (A)～図 1 2 (E) はそれぞれ、図 1 0 の処理の過程における状態を例示する図であり、図 1 3 は、図 1 1 (C) の処理を説明するための図である。なお、対象となるワイヤーハーネスは、枝線がなくクランプが取り付けられているものであってもよいし、枝線がありクランプが取付られていないものでもよいし、或いは、枝線がありクランプが取付られているものでもよいが、図 1 2 においては、代表して、枝線がなくクランプが取り付けられたワイヤーハーネスを示している。

まず、図 1 0 のステップ S 1 においては、変形形状が設計されて、この設計された変形形状が表示装置 4 3 に出力される。この変形形状は、図 1 2 (A) に示すように、例えば、車両ドアやフロア等の所定の部位に配策されるように、形状設計されたワイヤーハーネス 1' である。このワイヤーハーネス 1' は、例えば、幹線 1 0 a と、この幹線 1 0 a の中間部及び端部に取り付けられて、幹線 1 0 a を所定部位に固定するためのクランプ 2 0 a、2 0 b、2 0 c とを含んで構成されるものとする。図示しないが、幹線 1 0 a から分岐する枝線が含まれていてもよい。この変形形状の設計には、予めインストールされている CAD 等のアプリケーションプログラムが利用可能であり、入力装置 4 2 としてのマウスやキーボードを用いて表示装置 4 3 上に描画される。この変形形状を求める手法は他の方

法を用いてもよい。

次に、ステップ S 2 においては、入力装置 4 2 を用いてワイヤーハーネス 1' の物理特性が設定される。また、上記変形状及び後述の基準形状にそれぞれ対応する拘束条件もここで設定される。物理特性は、例えば、上述した長さ  $l$ 、断面積  $A$ 、断面 2 次モーメント  $I$ 、断面 2 次モーメント  $J$ 、密度  $\rho$ 、ポアソン比  $\mu$ 、縦弾性係数  $E$  及び横弾性係数  $G$  である。これらは、上述のようにして予め測定或いは計算されている値が利用される。これらの値は、上記式 (6) 中の剛性マトリクス  $[K]$  中の各要素に係わる。拘束条件は、ワイヤーハーネス 1' の変形状及び基準形状に対応する座標や、図 3 にて示したようなクランプ 20 a、20 b、20 c の拘束自由度である。

次に、ステップ S 3 及びステップ S 4 においてはそれぞれ、上記ステップ S 2 で設定された値に基づき、図 12 (B) に示すように、基準形状モデル 1 A 及び変形状モデル 1 B が作成される。但し、ここでは、これらモデル 1 A 及び 1 B は表示装置 4 3 上に表示させる必要はない。基準形状モデル 1 A 及び変形状モデル 1 B は、上記図 7 及び式 (6) に準じたものとなる。基準形状モデル 1 A は、例えば、ワイヤーハーネスが治具板上に展開されるときに形状に対応するとすると、現実には則した治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。ステップ S 3 は請求項中の基準形状モデル作成工程及び基準形状モデル作成手段に対応し、ステップ S 4 は請求項中の変形状モデル作成工程及び変形状モデル作成手段に対応する。

ステップ S 3 の基準形状モデル 1 A の作成においては、図 11 (A) のサブルーチンで示すように、まず、ステップ S 3 1 において、ワイヤーハーネス 1' の幹線 10 a を複数の梁要素  $C 1 \sim C 13$  で表現する。なお、 $N 0 \sim N 14$  は節点を表す。そして、ステップ S 3 2 において、クランプ 20 a、20 b、20 c が取り付けられている部位に対応するクランプ取付節点  $N 0$ 、 $N 6$ 、 $N 14$  にそれぞれ、基準軸  $R X 0$ 、 $R X 6$ 、 $R X 14$  が付加される。

基準形状モデル 1 A は、例えば、幹線 10 a を治具板上でねじれなく真っ直ぐにのばした形状に対応する。また、基準軸  $R X 0$ 、 $R X 6$ 、 $R X 14$  は全て、節

点N 0、N 6、N 1 4から同方向に延びている。なお、幹線1 0 aから分岐する枝線がある場合には、枝線分岐点に対応する節点に同様の基準軸が付加される。ここでは、幹線を梁要素で表現した後に基準軸を付加するものとして説明したが、基準形状モデル1 Aの作成方法はこれに限定されない。要は、最終的に図1 2 (B)で示すような基準形状モデル1 Aが作成されればよい。

また、ステップS 4の変形形状モデル1 Bの作成においては、図1 1 (B)のサブルーチンで示すように、まず、ステップS 4 1において、ステップS 3 1と同様、ワイヤーハーネス1'の幹線1 0 aを複数の梁要素C 1～C 1 3で表す。但し、この変形形状モデル1 Bでは、複数の梁要素C 1～C 1 3は、上記ステップS 1で設計された変形形状に対応するように各節点にて結合される。

次に、ステップS 4 2において、クランプ取付節点N 0、N 6、N 1 4にそれぞれ、クランプ軸A X 0、A X 6、A X 1 4が付加される。クランプ軸A X 0、A X 6、A X 1 4とは、幹線に取り付けられたクランプ2 0 a、2 0 b、2 0 cの回転軸に対応するものである。更に、幹線1 0 aから分岐する枝線がある場合には、枝線分岐点に対応する節点に上記クランプ軸に対応する仮想クランプ軸が付加される。

ここで、仮想クランプ軸について、図1 1 (C)及び図1 3を用いて説明する。まず、ステップS 4 3 1において、枝線分岐節点N 6を起点とする幹線1 0 aに対する接線ベクトル $v_{11}$ （幹線接線ベクトルとよぶ）及び同じく枝線分岐節点N 6を起点とする枝線1 0 bに対する接線ベクトル $v_{12}$ （枝線接線ベクトルとよぶ）を共に含む接線平面5が作成される。

そして、ステップS 4 3 2において、この接線平面5上で枝線分岐節点N 6を起点として幹線接線ベクトル $v_{11}$ に直交するベクトルが仮想クランプ軸 $v_{13}$ として算出される。なお、ステップS 4 3 1及びステップS 4 3 2はそれぞれ、請求項中の接線平面作成工程及び仮想クランプ軸算出工程に対応する。このような仮想クランプ軸 $v_{13}$ を計算することにより、枝線もクランプと同等の処理手順でねじれ角を求めることができるようになる。したがって、ねじれ角計算のための処理手順が効率化される。

ここでも、幹線を梁要素で表現した後にクランプ軸や仮想クランプ軸を付加するものとして説明したが、変形状モデル1 Bの作成方法はこれに限定されない。要は、最終的に図1 2 (B) で示すような変形状モデル1 Bが作成されればよい。

図1 0に戻って、ステップS 5においては、図1 2 (C) 及び図1 2 (D) に示すように、上記基準形状モデル1 Aが変形状モデル1 Bに重ね合わされる。この重ね合わせ処理には有限要素法が利用される。すなわち、基準形状モデル1 Aが、上記ステップS 2で設定された物理特性を満たしつつ、図中、点線矢印で示すように、変形状モデル1 Bに強制変位されるものとして、有限要素法における解が求められる。補足すると、全節点のうち、クランプが設けられたり、枝線が分岐したりするN 0等のような特定の節点を完全拘束とし、その他の節点を全回転自由として、処理を行うようにする。ステップS 5は、請求項中の重合計算工程及び重合計算手段に対応する。

次に、ステップS 6においては、上記重ね合わせの結果に基づいて、ねじれ角が計算される。すなわち、図1 2 (D) に示すように、基準形状モデル1 Aが変形状モデル1 Bに重ね合わせられるにともない、基準軸RX 0、RX 6、RX 1 4も回転する。そして、重ね合わせ終了時には、回転した基準軸RX 0、RX 6、RX 1 4と、クランプ軸AX 0、AX 6、AX 1 4とはそれぞれ、所定の角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ を成している。この角度がねじれ角として計算される。なお、枝線がある場合には、上述のようにして求めた仮想クランプ軸と基準軸とが成す角が、枝線のねじれ角として計算される。ステップS 6は、請求項中のねじれ角計算工程及びねじれ角計算手段に対応する。

そして、ステップS 7において、図1 2 (E) に示すように、クランプ軸AX 0、AX 6、AX 1 4を、上記計算したねじれ角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ ぶん戻して、基準形状モデル1 Aと共に表示装置4 3上に表示する。各ねじれ角は、例えば、グラフィック表示された基準形状と共に数字や文字等で表示させるようにする。なお、表示装置4 3上への表示のみならず、印字装置4 4による紙上印字を行わせてもよい。ステップS 7は、請求項中の表示工程に対応する。このように表示

することにより、視覚的且つ直感的にねじれ角が把握できるようになり、より適確な治具板の設計やより効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。またなお、基準形状は必ずしも表示させる必要はなく、少なくとも、ねじれ角が表示されればよい。

このように、本発明の第1実施形態によれば、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、従来困難とされていた枝線及び／又はクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

#### [第2実施形態]

図14は、本発明の第2実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。図15(A)～図15(D)はそれぞれ、図14の処理の過程における状態を例示する図である。

まず、図14のステップS201においては、上記図10のステップS1と同様、図15(A)に示すような変形形状が設計されて、この設計された変形形状が表示装置43に出力される。但し、ここでは、幹線11aと、幹線11aから分岐する複数の枝線11b1～11b5とを含むワイヤーハーネス1''を想定している。勿論、第1実施形態同様、幹線11aの中間部にはクランプが取り付けられていてもよい。このワイヤーハーネス1''は、例えば、幹線11aと、この幹線11aからそれぞれ異なる方向に分岐する複数の枝線11b1～11b5とを有し、幹線11a及び各枝線11b1～11b5の端部には、クランプ21a～21gが取り付けられているものとする。

次に、ステップS202においては、入力装置42を用いてワイヤーハーネス1''の物理特性が設定される。また、上記変形形状及び後述の基準形状にそれぞれ対応する拘束条件もここで設定される。物理特性は、例えば、上述した長さ $l$ 、断面積 $A$ 、断面2次モーメント $I$ 、断面2次モーメント $J$ 、密度 $\rho$ 、ポアソン比 $\mu$ 、縦弾性係数 $E$ 及び横弾性係数 $G$ である。これらは、上述のようにして予め測定或いは計算されている値が利用される。これらの値は、上記式(6)中の剛性

マトリクス [K] 中の各要素に係わる。拘束条件は、ワイヤーハーネス 1" の変形状に対応する座標や、図 3 にて示したようなクランプ 21a ~ 21g の拘束自由度である。

次に、ステップ S 203 においては、上記ステップ S 202 で設定された値に基づき、図 15 (B) に示すような、変形状に対応する有限要素モデルが作成される。この有限要素モデルは、上記式 (6) に示したように、幹線とこの幹線から分岐する枝線とを有するワイヤーハーネスのモデルを発展させたものとなる。例えば、ワイヤーハーネス 1 を等長の梁要素 C 1 ~ C 16 に分割し、これら梁要素 C 1 ~ C 18 に基づいて、有限要素モデルが作成される。なお、ねじれ角を求めることが最終目的であるので、計算を簡素化するために、各枝線 11b1 ~ 11b5 にそれぞれ対応する梁要素 C 14 ~ C 18 は、幹線を分割した梁要素 C 1 ~ C 13 と等長に設定されている。なお、N 0 ~ N 18 は節点を表す。ステップ S 203 は、請求項中の有限要素モデル作成工程に対応する。

次に、ステップ S 204 においては、上記物理特性及び基準形状に対応する拘束条件を有限要素モデルに適用して、図 15 (B) に示すような変形状を、図 15 (C) に示すような基準形状に変形させる。この基準形状は、例えば、ねじれなく真っ直ぐにのばされた幹線 11a を含む平面に乗るものである。このように、幹線にねじれがない状態になるように基準形状に対応する拘束条件を設定することにより、後述のねじれ角の計算が容易になる。ステップ S 204 は、請求項中の変形工程に対応する。

上記平面としては、図 15 (D) に示すように、ワイヤーハーネスを製造するときに利用される治具板を想定した基準平面 6 を設定し、幹線がこの基準平面 6 に乗るように拘束条件 (座標) を設定することが好ましい。これにより、現実にもった治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

また、幹線はワイヤーハーネスを構成する全線材のうちで最大径を有し、この幹線 (C 1 ~ C 13 に対応) とこの幹線の次に太い枝線 (C 14 に対応) とが基準平面 6 に乗るように拘束条件 (座標) を設定することが好ましい。これにより、より現実にもった治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。なお、

この場合、幹線の次に太い枝線に対応する節点N 1 4が基準平面6に乗るように拘束条件（例えば、完全拘束）が設定されるが、他の枝線に対応する節点N 1 5～N 1 8は拘束されない（例えば、全回転自由）ものとして設定される。

次に、ステップS 2 0 5においては、各枝線のねじれ角が計算される。各ねじれ角は、上記基準形状に対応する座標情報を利用することにより計算可能である。この際、上述したように、例えば、幹線1"及びこの幹線1"の次に太い枝線を表す梁要素C 1 4が乗る基準平面6に対しての、各枝線を表す梁要素C 1 5、C 1 6のねじれ角  $\theta 1 1$ 、 $\theta 1 2$ 等を求めるようにすることが好ましい（図1 5（D）参照）。ステップS 2 0 5は、請求項中のねじれ角計算工程に対応する。

そして、ステップS 2 0 6において、上記ステップS 2 0 5にて計算されたねじれ角  $\theta 1 1$ 、 $\theta 1 2$ が、基準形状と共に表示装置4 3上に表示される。例えば、ここでの表示例は、図1 5（C）のような梁要素から構成されるモデル形状を、図1 5（A）のような実形状に変換して、表示装置4 3上にグラフィック表示させるようにする。各ねじれ角は、例えば、グラフィック表示された基準形状と共に数字や文字等で表示させるようにする。なお、表示装置4 3上への表示のみならず、印字装置4 4による紙上印字を行わせてもよい。また、基準形状は必ずしも表示させる必要はなく、少なくとも、ねじれ角が表示されればよい。

なお、上記図1 5で例示したワイヤーハーネスの幹線には、幹線にねじりを発生しうるクランプは取り付けられていないが、枝線と共にこのような幹線にねじりを発生しうるクランプも取り付けられたワイヤーハーネスにおける各ねじれ角も同様に計算することが可能である（請求項1 0に対応）。この場合、例えば、第1実施形態で示したようなクランプ軸と上記基準平面6とが成す角をねじれ角として求めるようにする。これによると、より現実に近い治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。同様に、幹線に上記クランプのみが取り付けられたワイヤーハーネスにおけるねじれ角も同様に計算することが可能である（請求項1 1に対応）。これによると、クランプが多用されるワイヤーハーネスに対する治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

このように、本発明の第2実施形態によれば、有限要素モデルを作成して、設



計形状を幹線が基準平面に乗るような形状に変形し、そのときの枝線が基準平面に対して成す角をねじれ角として求めるようにしているので、従来、正確に把握することが困難であった枝線のねじれ角を、明確に把握することができるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

更に、本発明の第3実施形態及び第4実施形態について説明する。第3実施形態及び第4実施形態は、上記第1実施形態の考え方を拡張したものである。

### [第3実施形態]

図16は本発明の第3実施形態に係る処理手順を示すフローチャートであり、図17～図19はそれぞれ、図16の処理の過程における状態を例示する図である。この第3実施形態は、上記第1実施形態の考え方を拡張して、幹線から分岐する枝線を有するワイヤーハーネスや更に枝線上にクランプが取り付けられているワイヤーハーネスにおける、枝線やクランプのねじれ角を求めるものである。

まず、図16のステップS301においては、変形形状が設計されて、この設計された変形形状が表示装置43に出力される。この変形形状100Bは、図17に示すように、例えば、車両ドアやフロア等の所定の部位に配策されるように、形状設計されたワイヤーハーネス100である。このワイヤーハーネス100は、例えば、幹線100aと、この幹線100aから分岐する枝線100b1、100b2、100b3、これら幹線100aや枝線100b1、100b2、100b3の中間部及び端部に取り付けられて、これらを所定部位に固定するためのクランプ200a～200fを含んで構成されるものとする。この変形形状の設計には、予めインストールされているCAD等のアプリケーションプログラムが利用可能であり、入力装置42としてのマウスやキーボードを用いて表示装置43上に描画される。この変形形状を求める手法は他の方法を用いてもよい。

次に、ステップS302においては、入力装置42を用いてワイヤーハーネス100の物理特性が設定される。また、上記変形形状100B及び後述の基準形

状にそれぞれ対応する拘束条件もここで設定される。物理特性は、例えば、上述した長さ  $l$ 、断面積  $A$ 、断面 2 次モーメント  $I$ 、断面 2 次モーメント  $J$ 、密度  $\rho$ 、ポアソン比  $\mu$ 、縦弾性係数  $E$  及び横弾性係数  $G$  である。これらは、上述のようにして予め測定或いは計算されている値が利用される。これらの値は、上記式 (6) 中の剛性マトリクス  $[K]$  中の各要素に係わる。拘束条件は、ワイヤーハーネス 100 の変形状及び基準形状に対応する座標や、図 3 にて示したようなクランプ 200 a ~ 200 f の拘束自由度である。

次に、ステップ S 303 及びステップ S 304 においてはそれぞれ、上記ステップ S 302 で設定された値に基づき、図 17 及び図 18 にそれぞれ示すように、上記変形状モデル 100 B 及び基準形状モデル 100 A が作成される。但し、ここでは、これらモデル 100 A 及び 100 B は表示装置 43 上に表示させる必要はない。基準形状モデル 100 A 及び変形状モデル 100 B は、上記第 1 実施形態で示した基準形状モデル 1 A 及び変形状モデル 1 B に準じたものとなる。

詳しくは、変形状モデル 100 B は、図 17 において、ワイヤーハーネス 100 の幹線 100 a の変形状を複数の節点  $N0$ 、 $N1$ 、 $N2$ 、 $N3$ 、 $N4$ 、 $N5$ 、 $\dots$ 、 $N10$ 、 $\dots$ 、 $N16$ 、 $\dots$ 、 $N20$  で連結された梁要素の結合体として表現する。また、ワイヤーハーネス 100 の枝線 100 b 1、100 b 2、及び 100 b 3 もそれぞれ、複数の節点  $N5$ 、 $\dots$ 、 $N55$ 、 $N10\dots$ 、 $N109$ 、及び  $N16$ 、 $\dots$ 、 $N167$  で連結された梁要素の結合体として表現される。更に、クランプ取付節点  $N0$ 、 $N13$ 、 $N20$ 、 $N55$ 、 $N103$ 、 $N109$  及び  $N167$  にはそれぞれ、クランプのロック方向 (200 a ~ 200 d の場合) やクランプ回転軸 (200 f、200 g の場合) を規定するクランプ軸  $AX0$ 、 $AX13$ 、 $AX20$ 、 $AX55$ 、 $AX103$ 、 $AX109$  及び  $AX167$  が設定される。なお、図中、 $P0$ 、 $P13$ 、 $P20$ 、 $P55$ 、 $P103$ 、 $P109$  及び  $P167$  は、挿入方向等のクランプローカル X 軸を示す。更に、枝線分岐節点  $N5$ 、 $N10$  及び  $N16$  にはそれぞれ、各枝線のねじれ角を求めるための点となる。なお、図 17 中、 $RX0$  は、ねじれ角を求めるための、基準となる軸であり、各節点のねじれ角は、この  $RX0$  を基準とした回転角度で表される。この  $RX0$  は、後述の重

合処理においても不動とする。

また、基準形状モデル100Aは、上記幹線100a及び枝線100b1～100b3を治具板上でねじれなく真っ直ぐにのばした形状100a'、100b1'～100b3'に対応する。図中、クランプ軸AX0、AX13、AX20、AX55、AX103、AX109及びAX167もこれに対応したものとなる。また、基準形状モデル100Aにおいては、上記全節点N0、N1、N2、N3、N4、N5、…、N10、…、N16、…、N20、並びに、節点N5、…、N55、N10…、N109、及びN16、…、N167に基準軸RX0、RX1、RX2、RX3、RX4、RX5、…、RX10、…、RX16、…、RX20、並びに、基準軸RX5、…、RX55、RX10…、RX109、及びRX16、…、NX167が設定される。全基準軸は全て、各節点から同方向に延びている(図17のRX0に合わせる)。また、ここでは、各節点間は均等間隔としている。但し、各節点間は必ずしも均等間隔でなくてもよく、上記変形状モデル及び基準形状モデルの各節点がそれぞれ一致するようにすればよい。

これら基準形状モデル100A及び変形状モデル100Bの作成方法は、第1実施形態で示した方法と基本的に同様であり、第1実施形態で示した方法が枝線を有するワイヤーハーネスに拡張されたものと考えてよい。また、枝線分岐点に対応する節点N5、N10、N16にも同様の基準軸が付加される。この基準軸も第1実施形態で示したような、クランプ軸に対応する仮想クランプ軸が設定される。ステップS303は、請求項中の主線材変形状モデル作成工程、副線材変形状モデル作成工程に対応し、ステップS304は、請求項中の主線材基準形状モデル作成工程、副線材基準形状モデル作成工程に対応する。

次に、ステップS305においては、図19に示すように、上記基準形状モデル100Aが変形状モデル100Bに重ね合わされる。この重ね合わせ処理には有限要素法が利用される。すなわち、基準形状モデル100Aが、上記ステップS2で設定された物理特性を満たしつつ、変形状モデル100Bに強制変位されるものとして、有限要素法における解が求められる。補足すると、全節点のうち、クランプが設けられたり、枝線が分岐したりするN0等のような特定の節

点を完全拘束とし、その他の節点を全回転自由として、処理を行うようにする。この重ね合わせ処理も、第1実施形態で示した方法と基本的に同様であり、第1実施形態で示した方法が枝線を有するワイヤーハーネスに拡張されたものと考えてよい。但し、枝線100b2に取り付けられたクランプ200fのねじれ角(第2ねじれ角に対応)を求める際には、枝線100b2のねじれ角(第1ねじれ角に対応)が参照されることになる。

次に、ステップS306においては、上記重ね合わせの結果に基づいて、ねじれ角が計算される。すなわち、図19に示すように、基準形状モデル100Aが変形形状モデル100Bに重ね合わせられるにともない、図18で示した各基準軸RX0、…、RX20も回転する。そして、重ね合わせ終了時には、回転した基準軸RX0'、RX13'、RX20'、RX55'、RX103'、RX109'及びRX167'と、クランプ軸AX0、AX13、AX20、AX55、AX103、AX109及びAX167とはそれぞれ、所定の角度 $\theta_0$ 、 $\theta_{13}$ 、 $\theta_{20}$ 、 $\theta_{55}$ 、 $\theta_{103}$ 、 $\theta_{109}$ 及び $\theta_{167}$ を成している。これらの角度がねじれ角として計算される。なお、ここで例示した以外の図示しない基準軸も回転し、各ねじれ角を有するが、ここでは省略している。ステップS305及びステップS306は、請求項中のねじれ角計算工程に対応する。

そして、ステップS307において、図示しないが、図12(E)で示した方法と同様にして、上記各クランプ軸AX0、AX13、AX20、AX55、AX103、AX109及びAX167を、上記計算したねじれ角 $\theta_0$ 、 $\theta_{13}$ 、 $\theta_{20}$ 、 $\theta_{55}$ 、 $\theta_{103}$ 、 $\theta_{109}$ 及び $\theta_{167}$ ぶん戻して、基準形状モデル100Aと共に表示装置43上に表示するようにする。各ねじれ角は、例えば、グラフィック表示された基準形状と共に数字や文字等に表示させるようにする。表示装置43上への表示のみならず、印字装置44による紙上印字を行わせてもよい。なお、このステップS307の処理は、ねじれ角を求めるだけであれば、必ずしも必要ではないので省略してもよい。

なお、ここでは、クランプのねじれ角に焦点をあてているが、各枝線100b1～100b3の分岐節点N5、N10、N16におけるねじれ角も、上記仮想

クランプ軸と基準軸とに基づいて同様に求めることが可能である（請求項 15 に対応する）。

このように、本発明の第 3 実施形態によれば、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、幹線から分岐する枝線、及び枝線上に取り付けられたクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

#### 〔第 4 実施形態〕

図 20 は本発明の第 4 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートであり、図 21 は図 20 の処理の結果を例示する図である。図 22 (A) ～図 22 (C) は、ねじれゼロ面の伝搬処理を説明するための図である。この第 4 実施形態は、上記第 1 実施形態の考え方を拡張して、各クランプ軸のねじれ角を容易に把握できるように、ねじれゼロ面表示するようにしている。

図 20 に示す本実施形態の処理手順において、ステップ S 401 ～ステップ S 405 はそれぞれ、図 16 で示したステップ S 301 ～ステップ S 305 と同等であるので、ここでの重複説明は省略する。

ステップ S 401 ～ステップ S 405 を経て、ステップ S 406 に進むと、ステップ S 406 では、図 21 に示すような、ねじれゼロ面 h 100 a、h 100 b 1、h 100 b 2 及び h 100 b 3 が設定される。各ねじれゼロ面 h 100 a、h 100 b 1、h 100 b 2 及び h 100 b 3 はそれぞれ、幹線 100 a、枝線 100 b 1、100 b 2 及び 100 b 3 に対応するものである。ねじれゼロ面 h 100 a、h 100 b 1、h 100 b 2 及び h 100 b 3 は、ステップ S 405 において既に計算されている全基準軸に対して、例えば、隣接する基準軸の端点をそれぞれ繋いでいくことにより、設定可能である。各基準軸は、同長である方が、ねじれ具合を把握するためには好ましい。また、上述のように、基準軸の端点をそれぞれ繋いぐことにより、ねじれゼロ面をひれ状に表現する替わりに、複数の基準軸を連続的に表示するようにしても、ねじれ具合の概略は把握することが可能になる。ステップ S 406 は、請求項中のねじれゼロ面設定工程に対応す

る。

このようなねじれゼロ面は、第1実施形態において図示した枝線を有することのないワイヤーハーネスに対しても設定可能であるし、この実施形態に示すような、枝線を有するワイヤーハーネスにも設定可能である。但し、幹線から分岐する枝線を有するワイヤーハーネスの場合、以下のようなねじれゼロ面の伝搬処理が必要となる。

図22(A)～図22(C)において、線Aは上記幹線100aに対応し、線Bは幹線100aから分岐して、幹線100aのねじれゼロ面が伝搬される上記枝線100b1等に対応する。まず、図22(A)に示すように、線Aに割り当てられている各節点Na1、Na2、Na3、Na4、NaにそれぞれねじれゼロベクトルZa1、Za2、Za3、Za4、Zaを設定して、次に、線Aのセグメントのねじれゼロ面を、不連続な線Bのセグメントに伝搬させること考える。図中、Vbは線Bの接線ベクトルである。

図22(B)に示すように、線Bのセグメントに伝搬するねじれゼロ面は、ベクトルZa(線Aの最後のねじれゼロベクトル)とベクトルVbとが作る面内に存在する。そこで、この面の法線ベクトル $Vb \times Za$ を作成する。なお、この法線ベクトル $Vb \times Za$ は、ベクトルVbとベクトルZaとの外積である。

図22(C)に示すように、法線ベクトル $Vb \times Za$ とベクトルVbとの外積 $(Vb \times Za) \times Vb$ が、目的とする線Bのセグメントのねじれゼロベクトルである。このようにして、ねじれゼロベクトル伝搬させることにより、ねじれゼロ面も伝搬させることが可能になる。

そして、ステップS407において、図21に示すように、ねじれゼロ面h100a、h100b1、h100b2及びh100b3が付加された変形形状100Bを、各クランプ軸AX0、AX13、AX20、AX55、AX103、AX109及びAX167と共に表示装置43上に表示するようにする。表示するクランプ軸は、例えば、クランプが取り付けられている節点に設定されているものであるが、その他のものも表示させてもよい。また、クランプ軸は表示させないようにしてもよいし、各ねじれ角 $\theta 0$ 、 $\theta 13$ 等を同時に表示させるように

してもよい。表示装置 4 3 上への表示のみならず、印字装置 4 4 による紙上印字を行わせてもよい。ステップ S 4 0 7 は、請求項中のねじれ表示工程に対応する。

このように、本発明の第 4 実施形態によれば、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行い、ひれ状のねじれゼロ面を合わせて表示することにより、幹線上及び／又は枝線上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角が容易に把握できるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2003 年 5 月 15 日出願の日本特許出願（特願 2003-137294）、2004 年 1 月 20 日出願の日本特許出願（特願 2004-011570）、に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

#### <産業上の利用可能性>

なお、本発明は、車両内に配線されるワイヤーハーネス等のワイヤー様構造物に限定されず、屋内に配線されるワイヤー様構造物にも、同様に適用可能である。

## 請 求 の 範 囲

1. 主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ角をコンピュータを利用して計算する方法であって、

前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成工程と、

前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算工程と、

前記重合計算工程の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

2. 請求項1記載のねじれ角計算方法において、

前記仮想クランプ軸を算出するために、

前記副電線束分岐節点を起点とする前記副電線束に対する接線ベクトル及び前記主電線束に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成する接線平面作成工程と、



前記接線平面上で前記副電線束分岐節点を起点として前記主電線束に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を前記仮想クランプ軸として算出する仮想クランプ軸算出工程と、

を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物のねじれ角計算方法。

3. 請求項2記載のねじれ角計算方法において、

前記ねじれ角ぶん戻して、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を前記基準形状モデルと共に表示する表示工程、

を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物のねじれ角計算方法。

4. 請求項1～3のいずれか一項に記載のねじれ角計算方法において、

前記基準形状は、前記ワイヤー様構造物が治具板上に展開されるときに形状に対応し、

前記変形形状は、前記ワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物のねじれ角計算方法。

5. 所定の部位に配策されるように設計された、主電線束及びこの主電線束から分岐する複数の副電線束を含んで構成されるワイヤー様構造物を、所定形状に変形させたときの前記副電線束のねじれ角を、コンピュータを用いて計算する方法であって、

前記ワイヤー様構造物を複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、前記ワイヤー様構造物の有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性、及び拘束条件を前記有限要素モデルに適用することにより、前記ワイヤー様構造物を、その主電線束が所定平面に乗るような基準形状に変形させる変形工程と、

前記副電線束が前記平面に対して成す角を前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

6. 請求項5記載のねじれ角計算方法において、  
前記主電線束がねじれなく直線化されるように前記基準形状に対応する拘束条件を設定する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

7. 請求項5又は6記載のねじれ角計算方法において、  
前記平面は、前記ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面である、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

8. 請求項7記載のねじれ角計算方法において、  
前記主電線束は前記ワイヤー様構造物を構成する全電線束のうちで最大径を有するものとする、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

9. 請求項8記載のねじれ角計算方法において、  
前記複数の副電線束のうちで前記主電線束の次に太い電線束も前記基準平面に乗るように前記拘束条件を設定する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

10. 請求項5記載のねじれ角計算方法において、  
前記ワイヤー様構造物は前記主電線束に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプも含んで構成され、

前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

1 1. 請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、  
前記複数の副電線束に替えて、前記ワイヤー様構造物は前記主電線束に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプを含んで構成され、  
前記複数の副電線束に替えて、前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、  
ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

1 2. 主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算する装置であって、

前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成手段と、

前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段と、

前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段と、  
を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算装置。

13. 主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算するために、コンピュータを、

前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成手段、

前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段、

前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段、

前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段、として機能させる、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算プログラム。

14. 主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの前記主線材側からみたねじれ角をコンピュータを用いて計算する方法であって、

前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成工程と、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節

点に対応する位置に、前記分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 1 基準軸と前記分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算工程と、

前記副線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸を付加した副線材変形形状モデルを作成する副線材変形形状モデル作成工程と、

前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ軸に対応する位置に、前記クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 2 基準軸と前記クランプ軸とが成す角である第 2 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する副線材角度計算工程と、

前記第 2 ねじれ角を前記第 1 ねじれ角に基づいて補正して、前記第 1 基準軸と前記クランプ軸とが成す角を求めるねじれ角計算工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

15. 主線材から分岐する副線材から更に分岐する第 2 副線材の前記主線材側からみたねじれ角をコンピュータを用いて計算する方法であって、

前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための第 1 分岐軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成工程と、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応

するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記第 1 分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 1 基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 1 基準軸と前記第 1 分岐軸とが成す角である第 1 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算工程と、

前記副線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上の第 2 線材分岐節点に、前記第 2 副線材のねじれ角を求めるための第 2 分岐軸を付加した副線材変形形状モデルを作成する副線材変形形状モデル作成工程と、

前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記第 2 線材分岐節点に対応する位置に、前記第 2 分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第 2 基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第 2 基準軸と前記第 2 分岐軸とが成す角である第 2 ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算工程と、

前記第 2 ねじれ角を前記第 1 ねじれ角に基づいて補正して、前記第 1 基準軸と前記第 2 分岐軸とが成す角を求めるねじれ角計算工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

16. 主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの前記主線材側からみたねじれ角をコンピュータを用いて計算する装置であって、

前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材

変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成手段と、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第1基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段と、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第1基準軸と前記分岐軸とが成す角である第1ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算手段と、

前記副線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸を付加した副線材変形形状モデルを作成する副線材変形形状モデル作成手段と、

前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ軸に対応する位置に、前記クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第2基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成手段と、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第2基準軸と前記クランプ軸とが成す角である第2ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する副線材角度計算手段と、

前記第2ねじれ角を前記第1ねじれ角に基づいて補正して、前記第1基準軸と前記クランプ軸とが成す角を求めるねじれ角計算手段と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算装置。

17. 主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプの前記主線材側からみたねじれ角を計算するために、コンピュータを、

前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の

線材分岐節点に、前記副線材のねじれ角を求めるための分岐軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成手段、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記線材分岐節点に対応する位置に、前記分岐軸のねじれ角を求めるための基準となる第1基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第1基準軸と前記分岐軸とが成す角である第1ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する主線材角度計算手段、

前記副線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を求めるためのクランプ軸を付加した副線材変形状モデルを作成する副線材変形状モデル作成手段、

前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ軸に対応する位置に、前記クランプ軸のねじれ角を求めるための基準となる第2基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成手段、

前記ワイヤー様構造物の物理特性を参照しつつ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記第2基準軸と前記クランプ軸とが成す角である第2ねじれ角を、有限要素法を利用して計算する副線材角度計算手段、

前記第2ねじれ角を前記第1ねじれ角に基づいて補正して、前記第1基準軸と前記クランプ軸とが成す角を求めるねじれ角計算手段、として機能させる、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算プログラム。

18. 主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角をコンピュータを用いて計算して表示する方法であって、

前記主線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上の



クランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成工程と、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、前記ねじれゼロ面を求めるための基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、

前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形状モデルに重ね合わせたときの、前記基準軸をつなぎあわせることにより、前記ねじれゼロ面を設定するねじれゼロ面設定工程と、

前記ねじれゼロ面を、前記変形状及び前記クランプ軸と共に表示する表示工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

19. 請求項18記載のねじれ角計算方法において、

前記表示工程に替えて、前記ねじれゼロ面を前記変形状と共に表示する第2表示工程、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

20. 主線材及び前記主線材から分岐する副線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角をコンピュータを用いて計算して表示する方法であって、

前記主線材の変形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記主線材上のクランプのねじれ角を表現するための第1クランプ軸を付加した主線材変形状モデルを作成する主線材変形状モデル作成工程と、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取

付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第1ねじれゼロ面を求めるための第1基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成工程と、

前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第1基準軸をつなぎあわせることにより、前記第1ねじれゼロ面を設定する第1ねじれゼロ面設定工程と、

前記副線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記副線材上のクランプ取付節点に、前記副線材上のクランプのねじれ角を表現するための第2クランプ軸を付加した副線材変形形状モデルを作成する副線材変形形状モデル作成工程と、

前記副線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である副線材基準形状に対応するように、前記副線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、第2ねじれゼロ面を求めるための第2基準軸を付加した副線材基準形状モデルを作成する副線材基準形状モデル作成工程と、

前記第1ねじれゼロ面を構成する前記第1基準軸のねじれを前記第2基準軸に伝搬させ、前記副線材基準形状モデルを変形させて前記副線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記第2基準軸をつなぎあわせることにより、前記第2ねじれゼロ面を設定する第2ねじれゼロ面設定工程と、

前記第1ねじれゼロ面及び前記第2ねじれゼロ面を、前記変形形状、前記第1クランプ軸及び前記第2クランプ軸と共に表示する表示工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

21. 主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角をコンピュータを用いて計算して表示する装置であって、

前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成手段と、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、前記ねじれゼロ面を求めるための基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段と、

前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記基準軸をつなぎあわせることにより、前記ねじれゼロ面を設定するねじれゼロ面設定手段と、

前記ねじれゼロ面を、前記変形形状及び前記クランプ軸と共に表示する表示手段と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算装置。

22. 主線材上に取り付けられたクランプのねじれゼロ面に対するねじれ角を計算して表示するために、コンピュータを、

前記主線材の変形形状を複数の梁要素の結合体として表現し、前記主線材上のクランプ取付節点に、前記クランプのねじれ角を表現するためのクランプ軸を付加した主線材変形形状モデルを作成する主線材変形形状モデル作成手段、

前記主線材をねじれなく真っ直ぐにのばした形状である主線材基準形状に対応するように、前記主線材を複数の梁要素の結合体として表現し、前記クランプ取付節点に対応する位置を含む各節点にそれぞれ、前記ねじれゼロ面を求めるための基準軸を付加した主線材基準形状モデルを作成する主線材基準形状モデル作成手段、

前記主線材基準形状モデルを変形させて前記主線材変形形状モデルに重ね合わせたときの、前記基準軸をつなぎあわせることにより、前記ねじれゼロ面を設定するねじれゼロ面設定手段、

前記ねじれゼロ面を、前記変形形状及び前記クランプ軸と共に表示する表示手段、として機能させる、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算プログラム

図 1

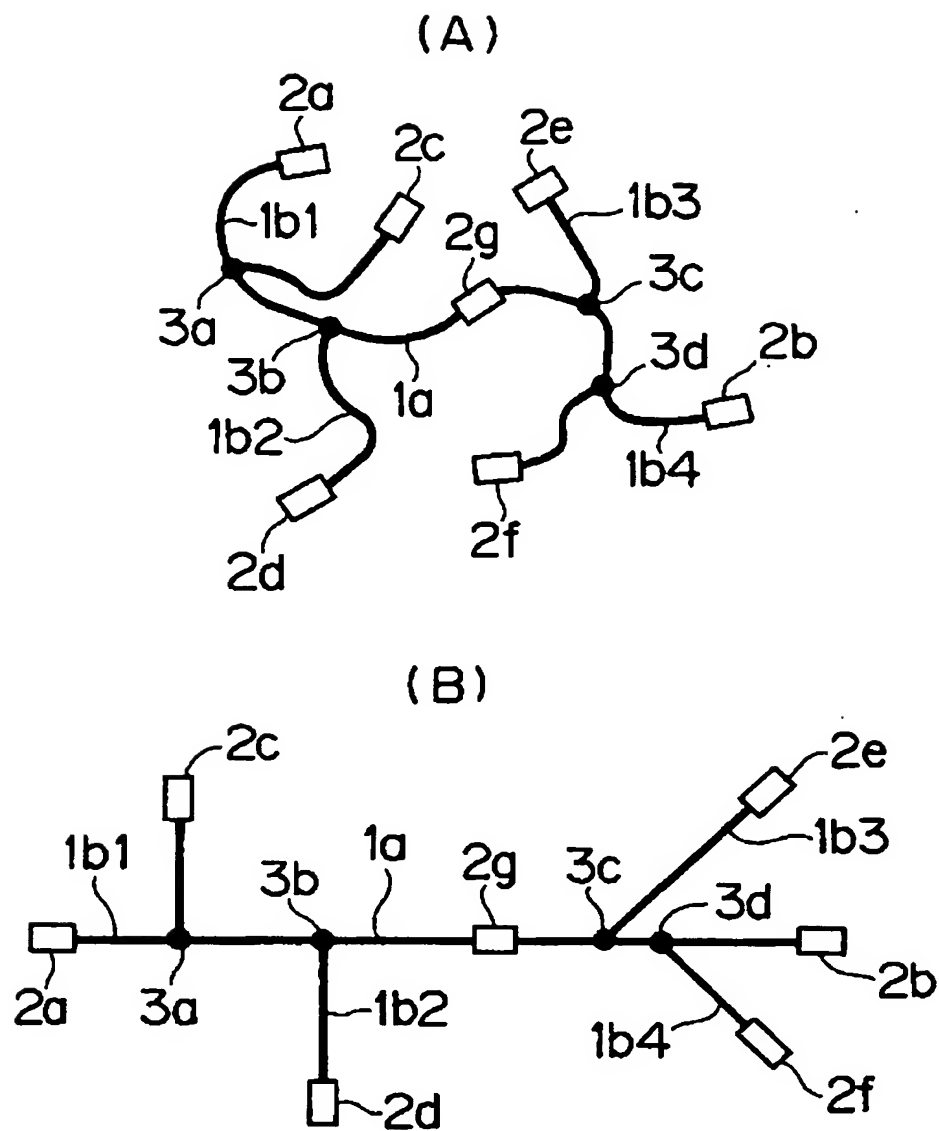


図 2

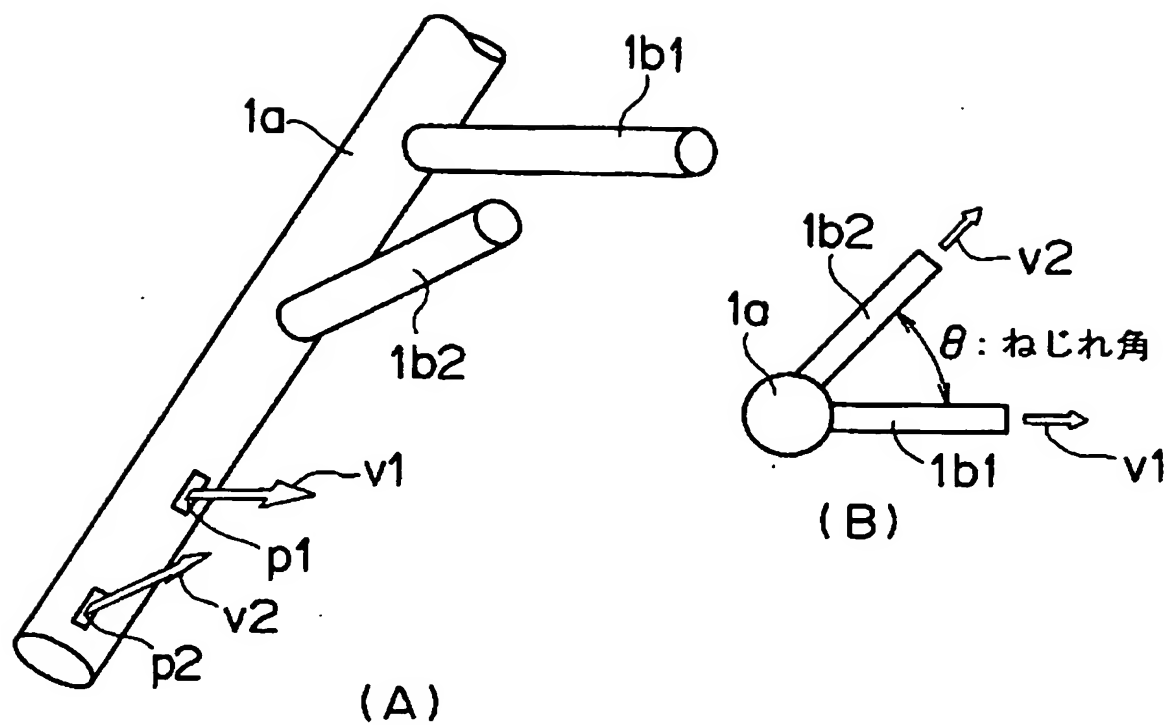


図 3

	支持部材	拘束自由度		X軸方向 並進	Y軸方向 並進	Z軸方向 並進	X軸廻り 回転	Y軸廻り 回転	Z軸廻り 回転
完全拘束	コネクタ			不可	不可	不可	不可	不可	不可
完全拘束	長穴クランプ			不可	不可	不可	不可	不可	不可
回転拘束	丸穴クランプ			不可	不可	不可	不可	不可	可
回転拘束	コルゲート長穴クランプ			不可	不可	不可	可	不可	不可
回転拘束	コルゲート丸穴クランプ			不可	不可	不可	可	不可	可
完全自由	分岐点			可	可	可	可	可	可

図 4

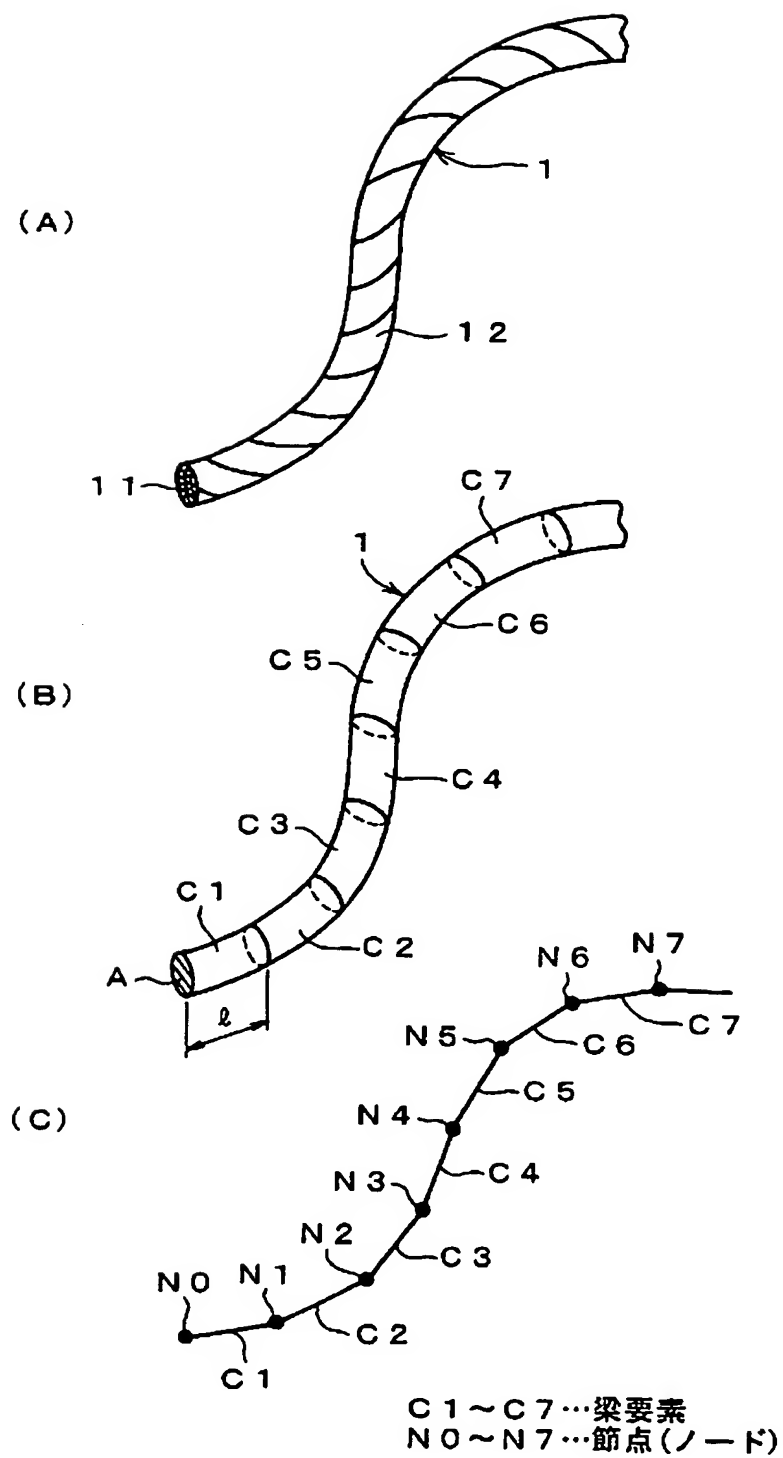
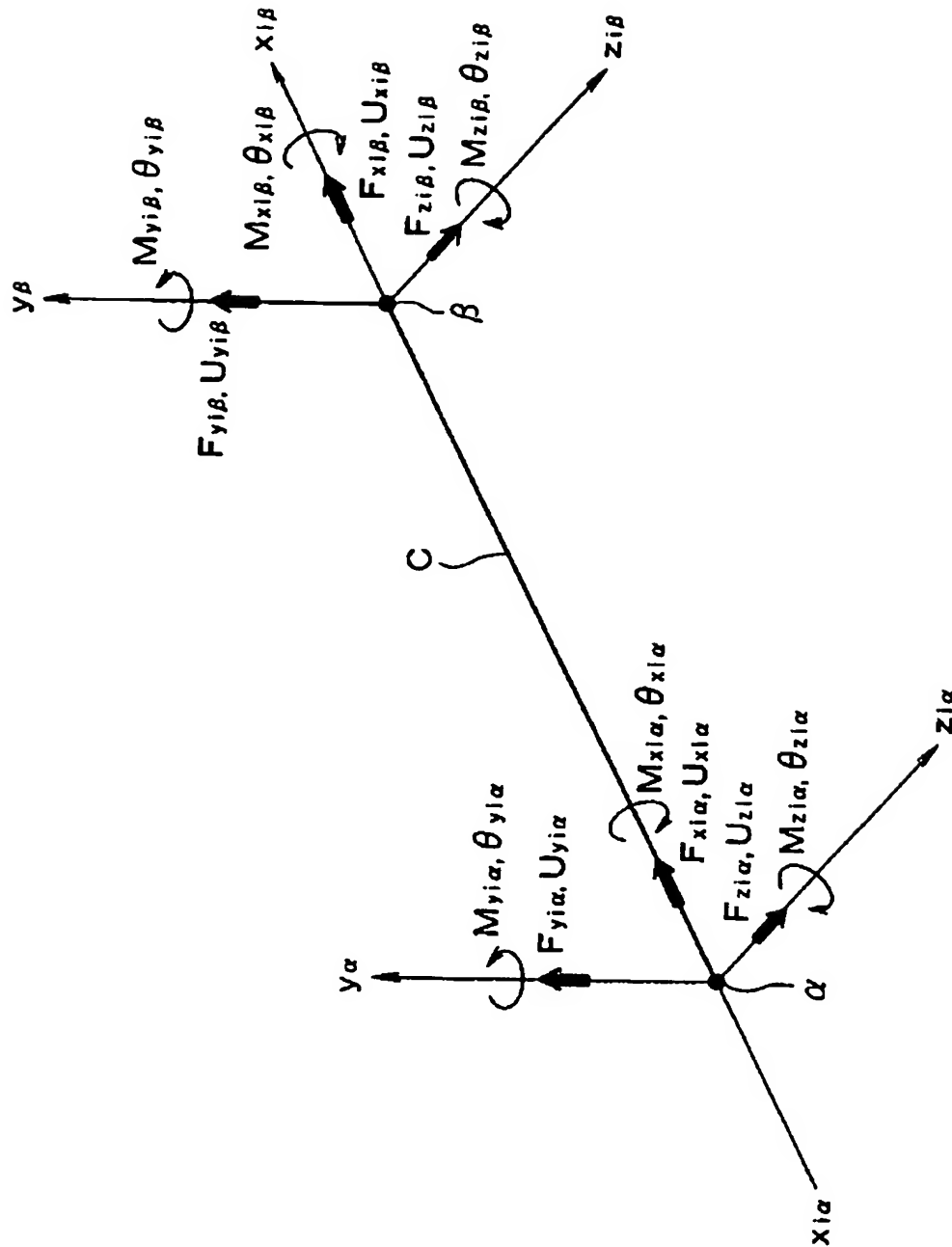


図 5





6

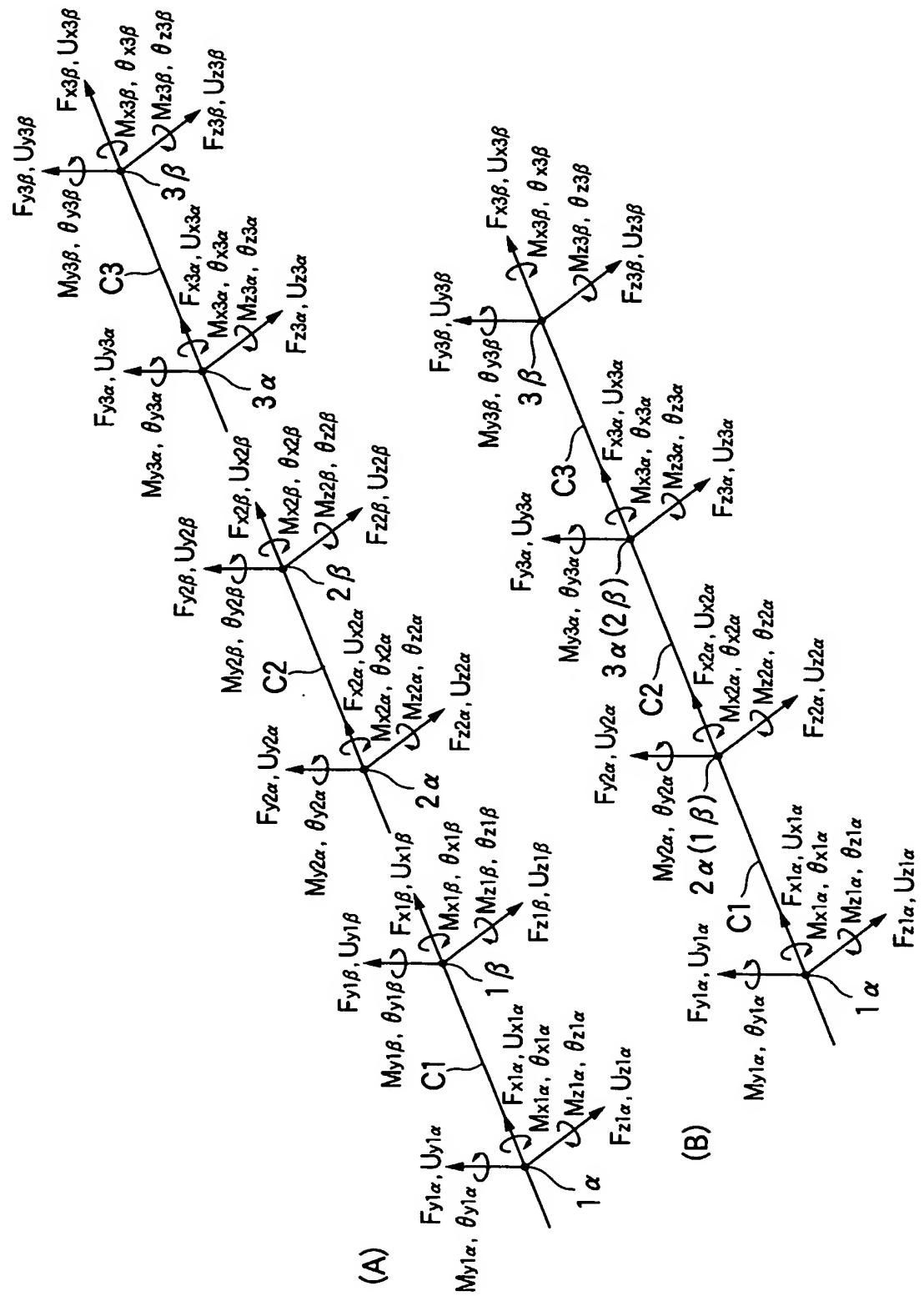


図 7

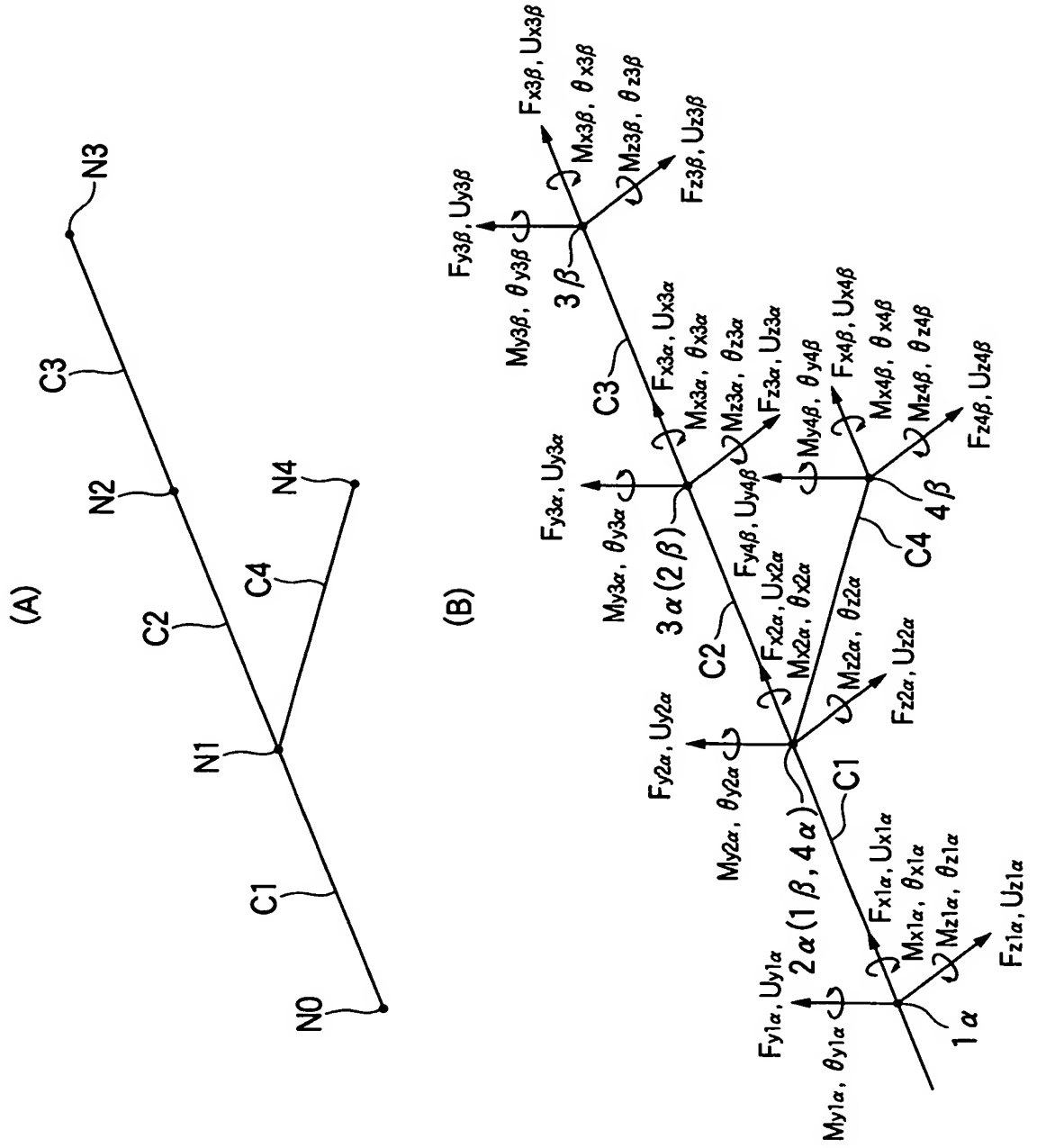


図 8

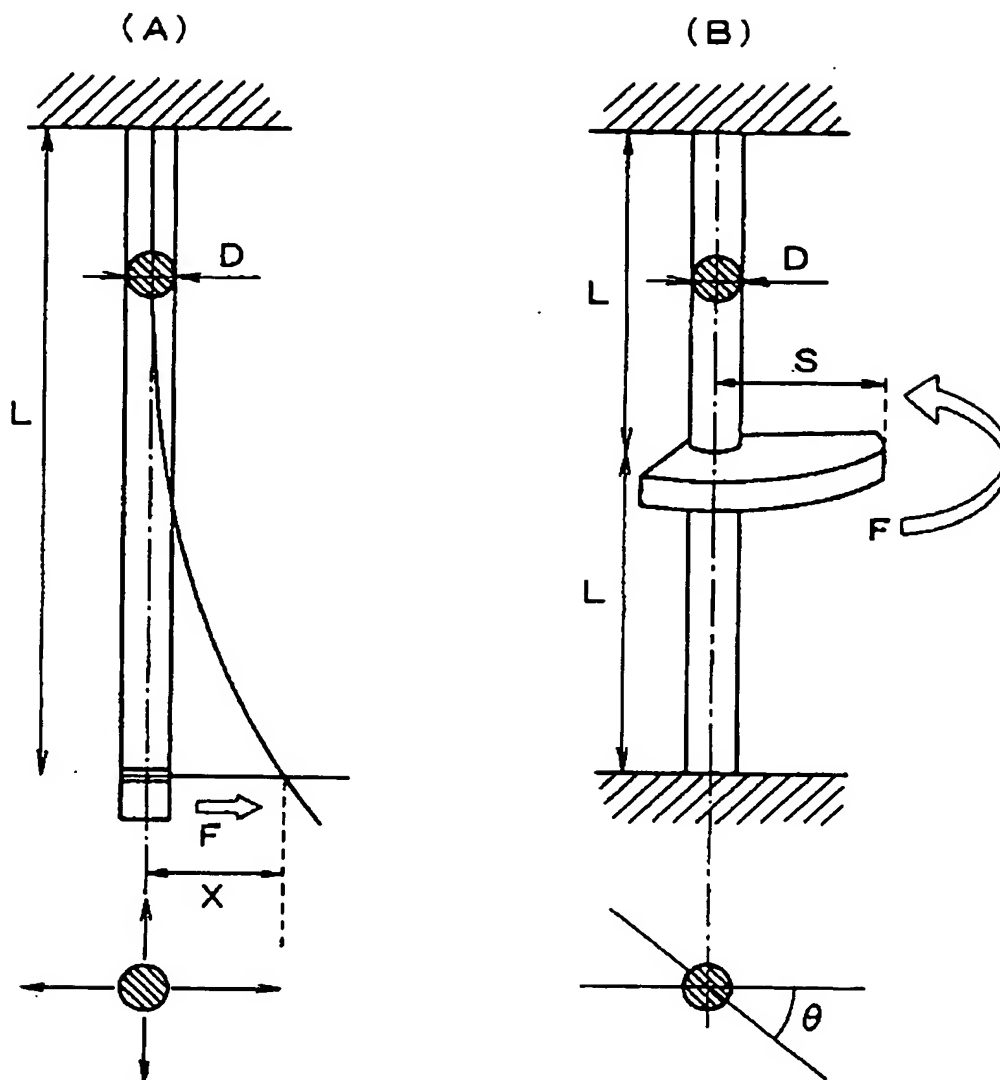


図 9

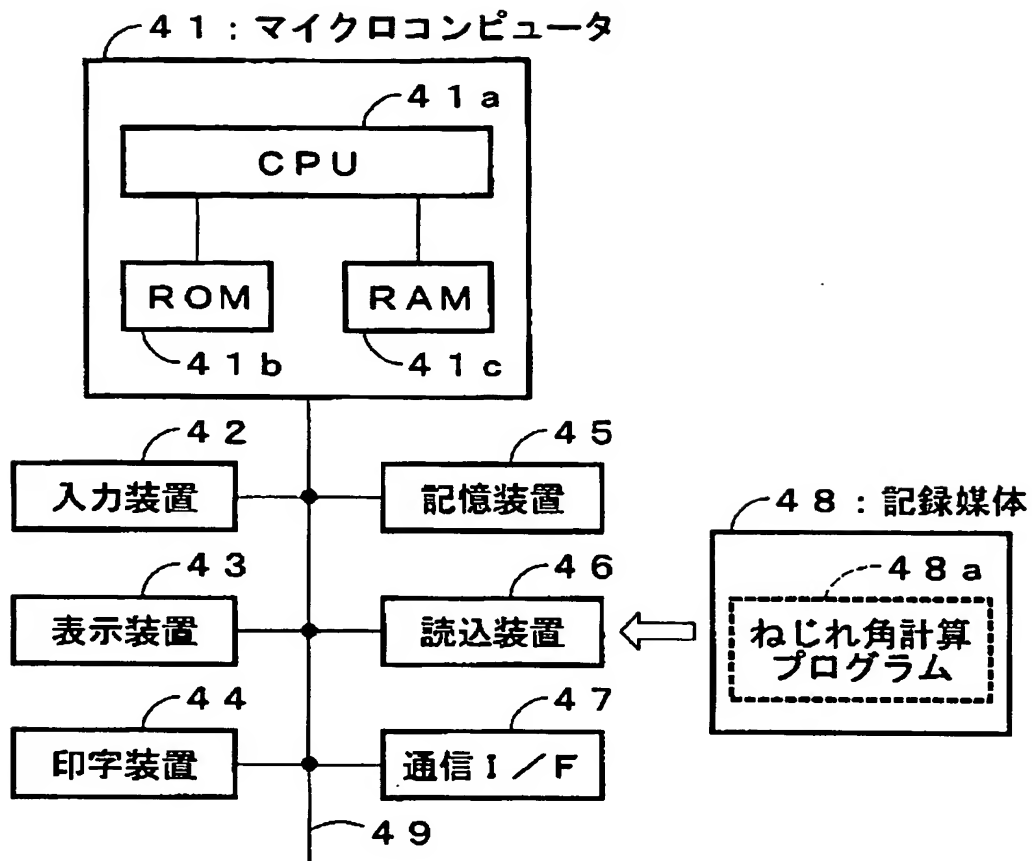


図 10

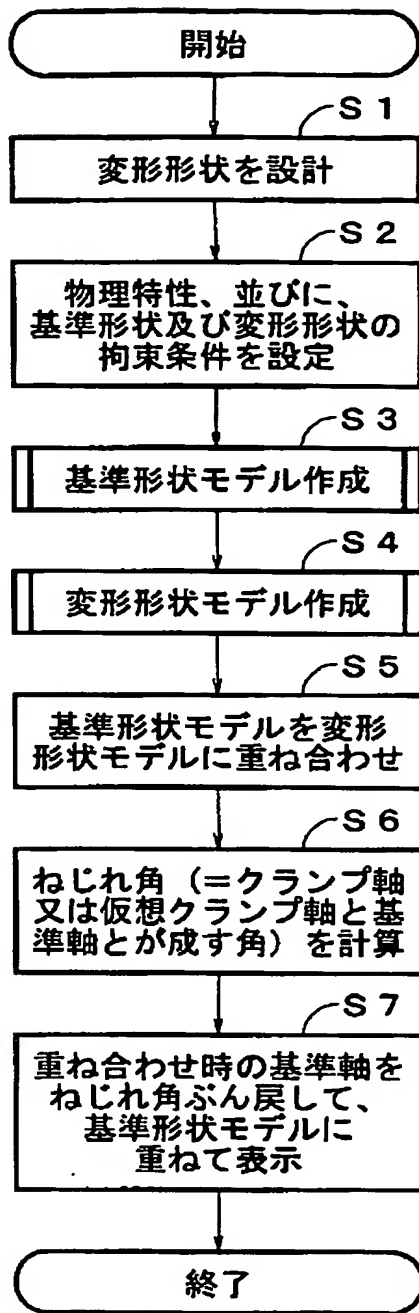


図 1 1

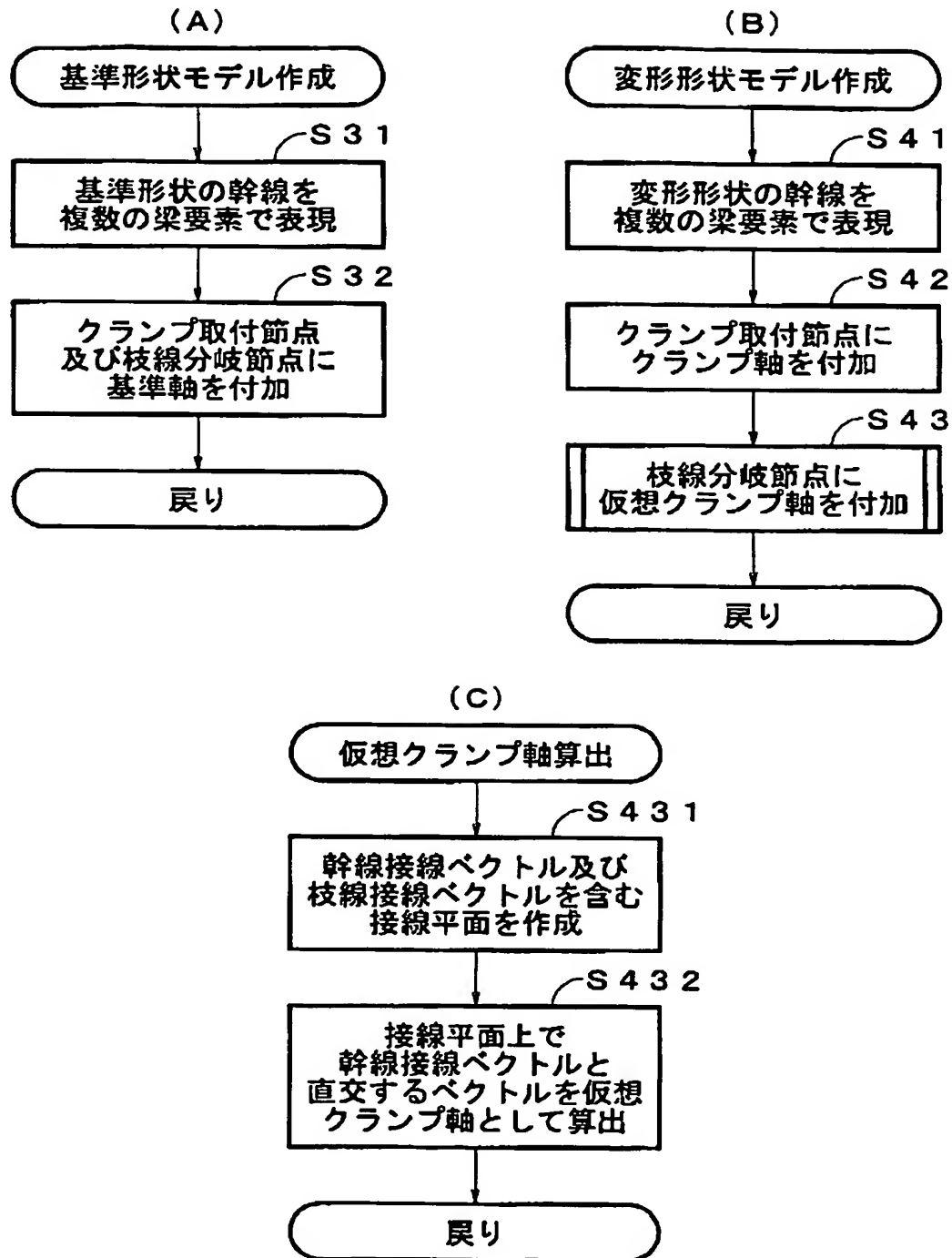




図 1 3

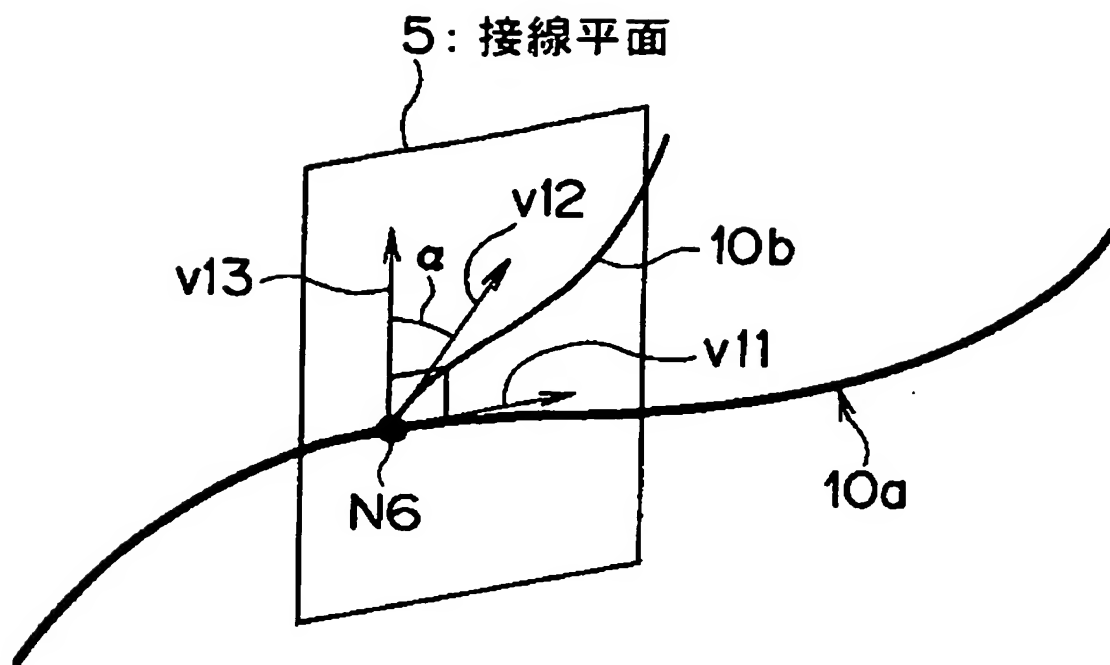




図 1 4

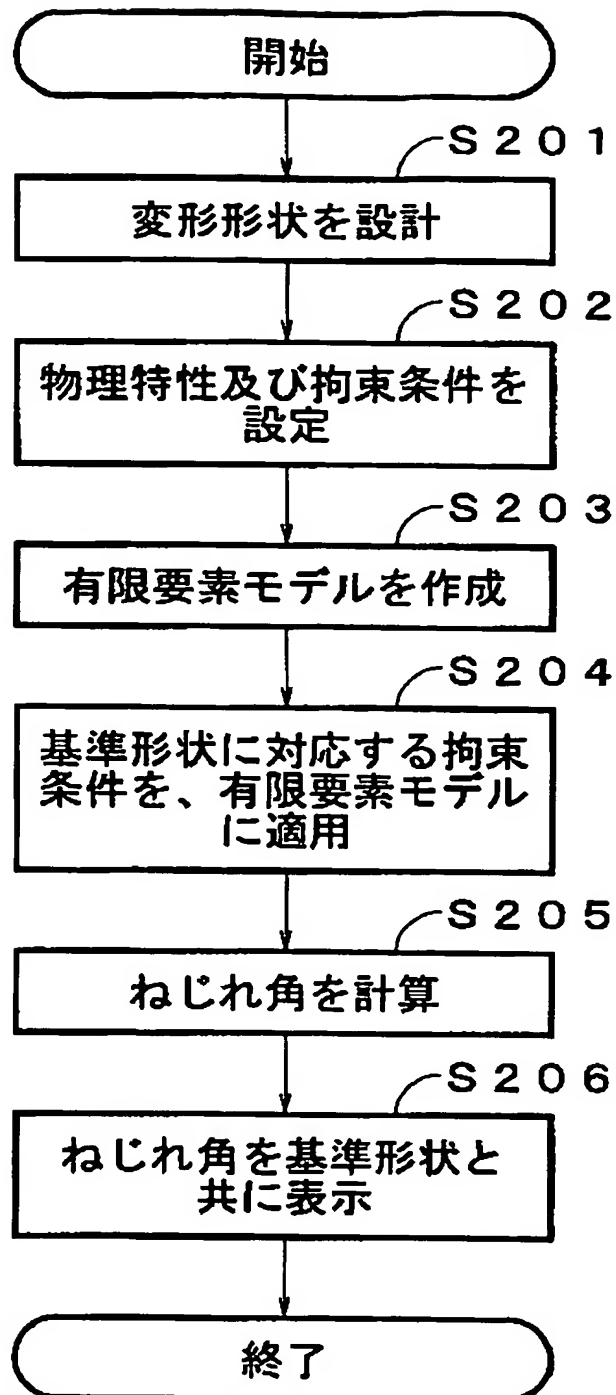


図 1 5

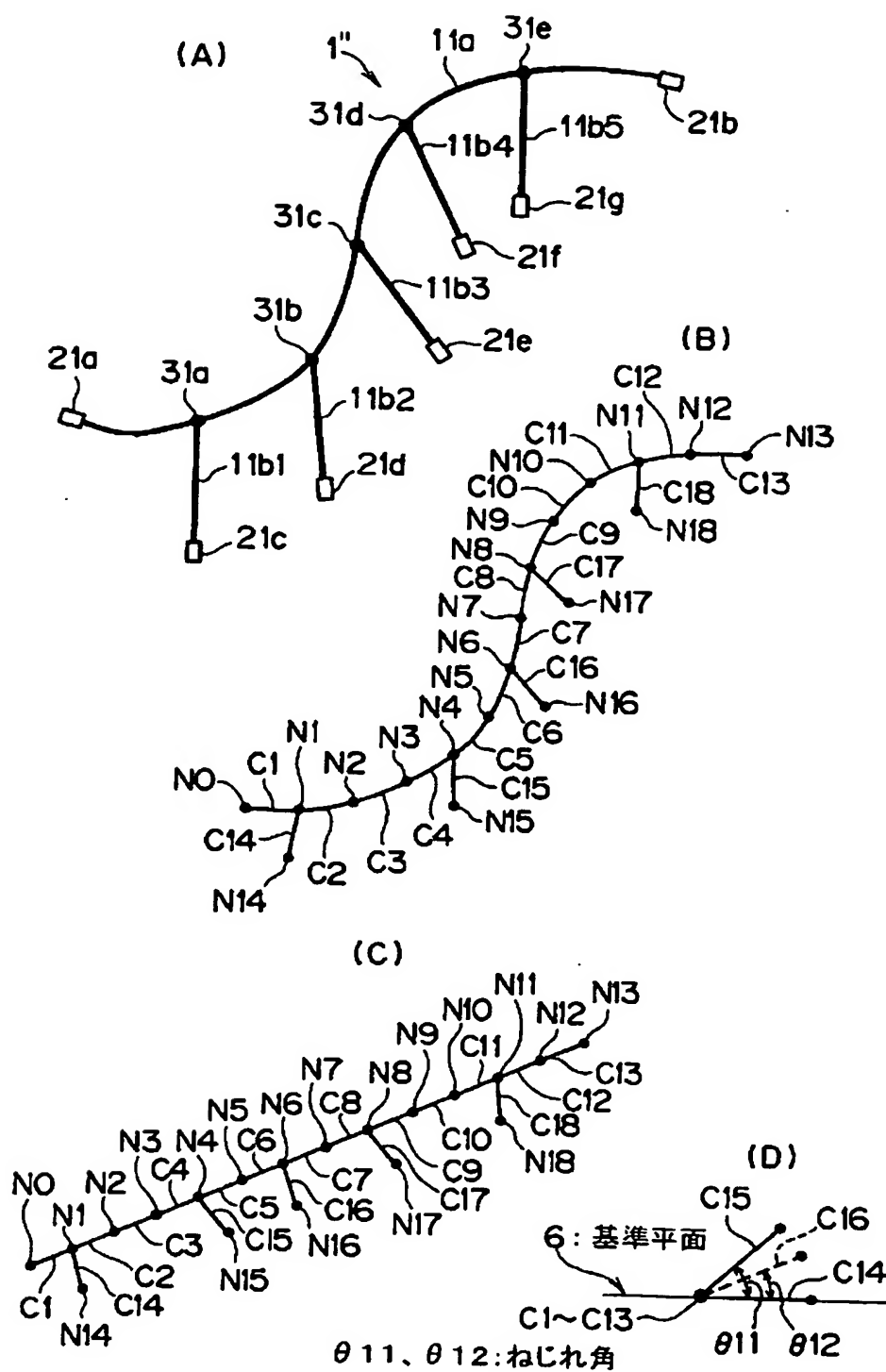


図 1 6

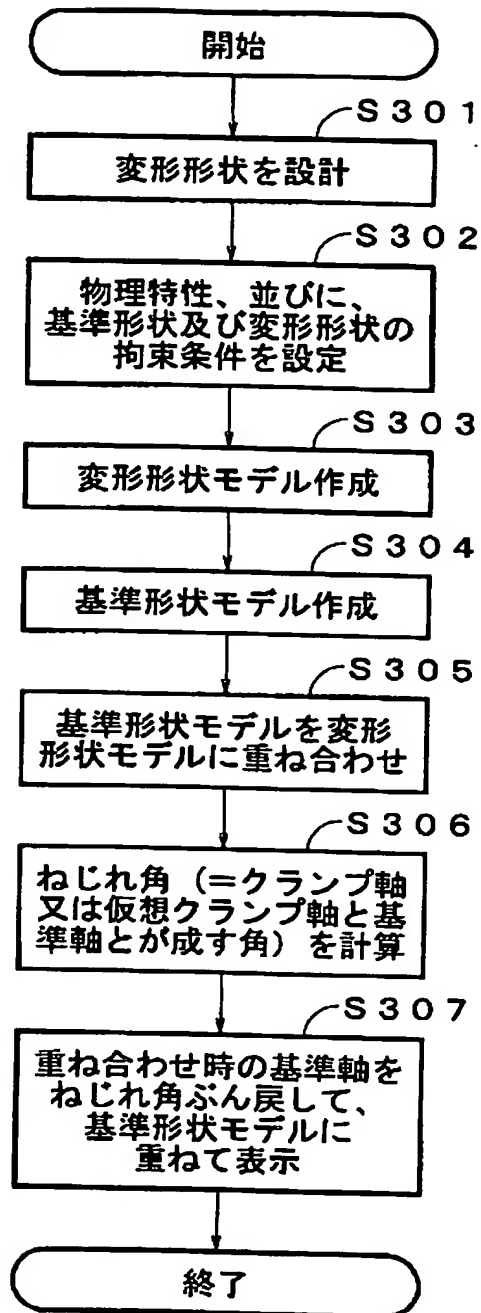


図 17

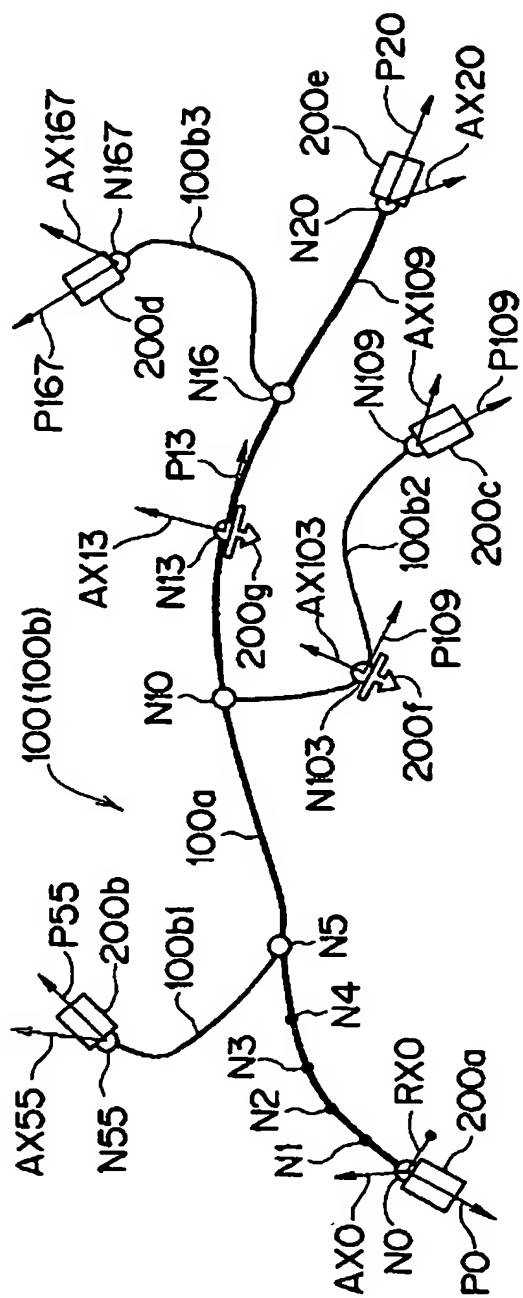


図 18

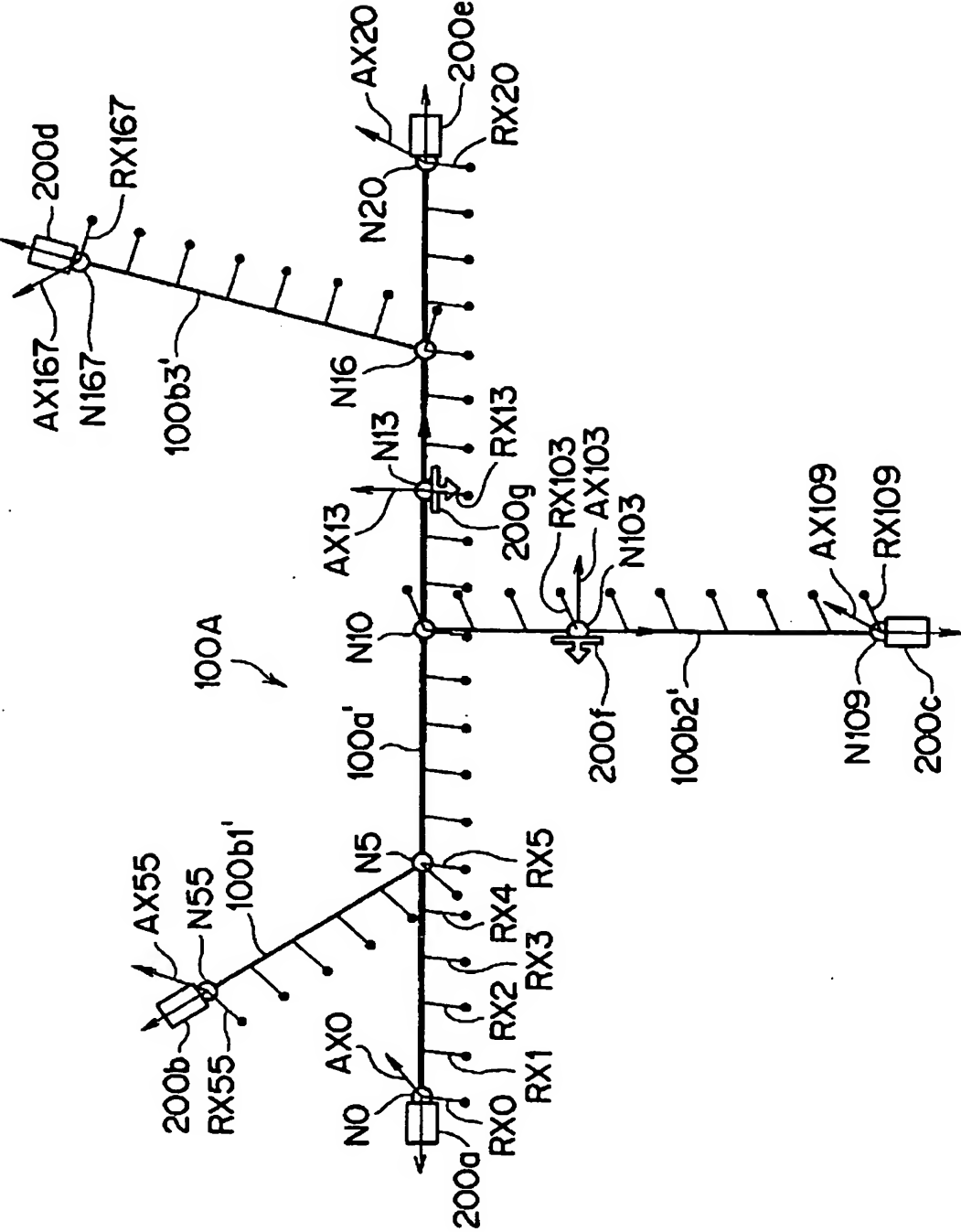
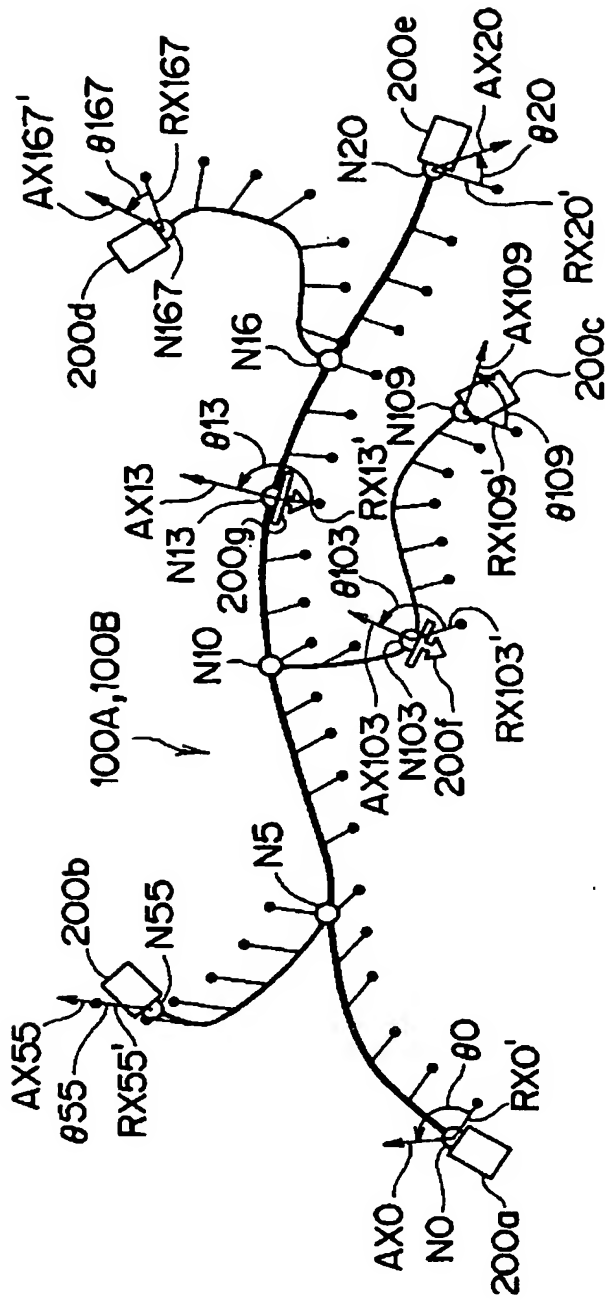


図 19



θ0、θ13、θ20、θ55、θ103、θ109、θ167：ねじれ角

図 20

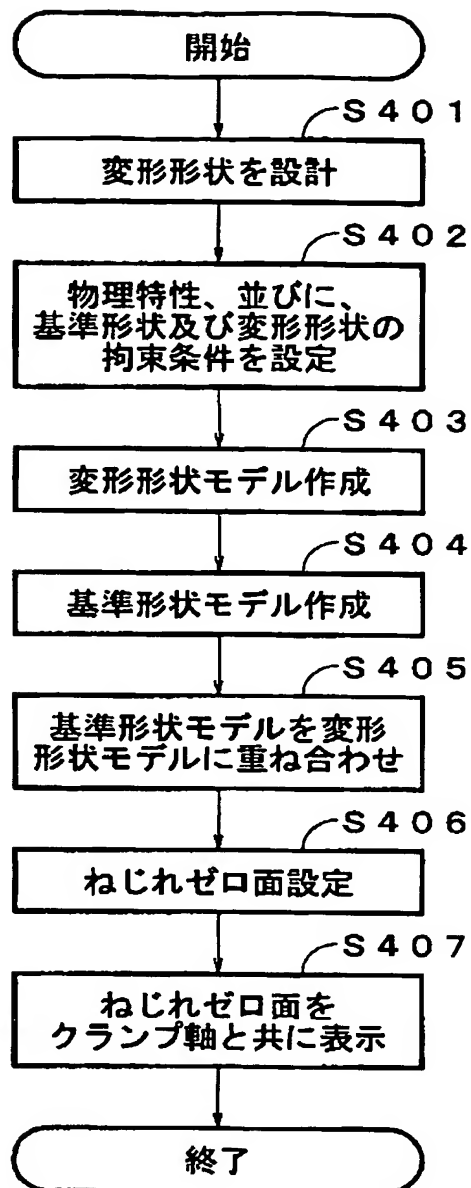
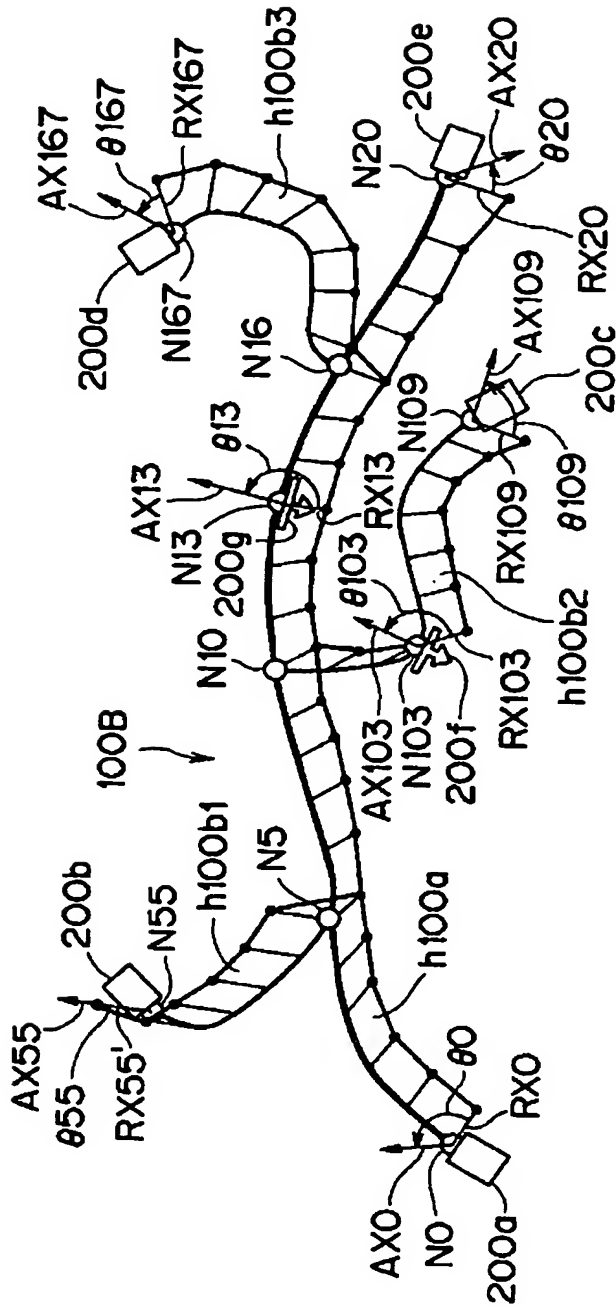


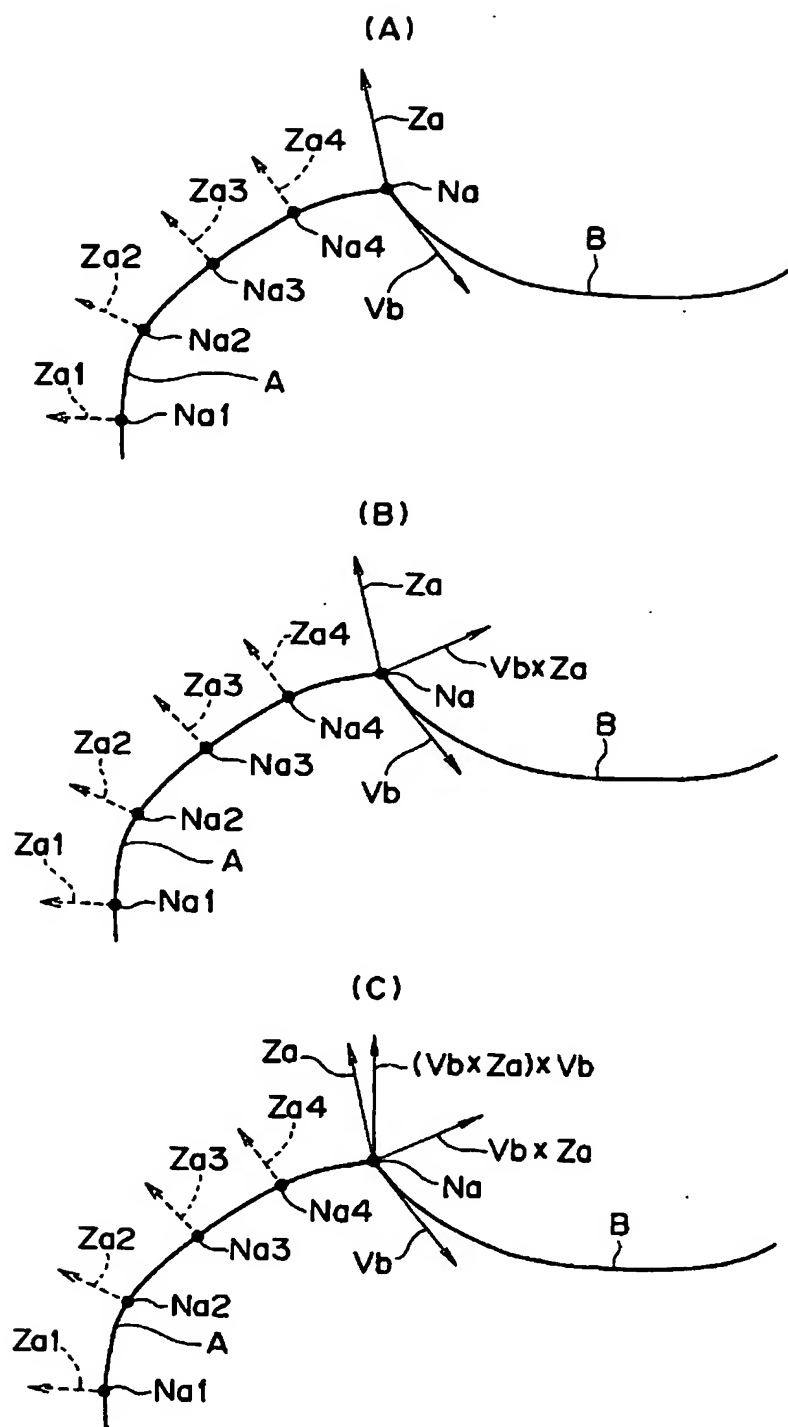
図 2 1



h100a、h100b1、h100b2、h100b3：ねじれ口面



図 2 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006892

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G06F17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-373533 A (Sumitomo Wiring Systems, Ltd.), 26 December, 2002 (26.12.02), Par. Nos. [0045] to [0060] & EP 1267284 A2 & EP 1267285 A2 & EP 1267286 A2 & US 2003/20711 A1 & US 2003/20715 A1	1-22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
24 June, 2004 (24.06.04)

Date of mailing of the international search report  
13 July, 2004 (13.07.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G06F17/50

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G06F17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2002-373533 A (住友電装株式会社) 2002. 12. 26, 【0045】 - 【0060】 & EP 1267284 A2 & EP 1267285 A2 & EP 1267286 A2 & US 2003/20711 A1 & US 2003/20715 A1	1-22

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 06. 2004

国際調査報告の発送日

13. 7. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区設楽三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 幸雄

5 H

9191

電話番号 03-3581-1101 内線 3531